



TUGAS AKHIR - RC14-1510

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA

RIDWAN SAUQI
NRP. 3111 100 104

Dosen Pembimbing
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RC14-1510

DRAINAGE NETWORK PLANNING OF KEPITING RIVER AND KENJERAN RIVER SUB SYSTEM SURABAYA

RIDWAN SAUQI
NRP. 3111 100 104

Supervisor
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB
SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

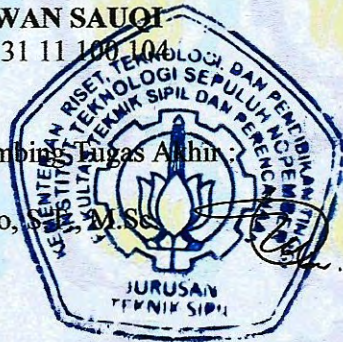
**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

RIDWAN SAUQI
NRP. 31 11 100 104

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
NIP. 197212021998021001



**SURABAYA
JANUARI, 2016**

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA

Nama Mahasiswa : Ridwan Sauqi
NRP : 3111 100 104
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
**Dosen Pembimbing : Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T.,
M.Sc.**

Abstrak

Permasalahan banjir Kota Surabaya sampai saat ini belum dapat ditangani secara menyeluruh. Terkait dengan permasalahan tersebut, Pemerintah Kota Surabaya menetapkan bahwa setiap adanya pembangunan harus diikuti dengan penyelesaian banjir di wilayah sekitarnya (PERDA Kota Surabaya Nomor 3 Tahun 2007 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya). Berdasarkan pengamatan yang didapat pada tahun 2010, banjir yang terluas di Surabaya Timur adalah daerah Mulyorejo ± 368 Ha dengan kedalamannya 15-30 cm. Tahun 2011 sampai 2013 turun menjadi 0-15 cm. Sepanjang Jalan Raya Kenjeran dan di beberapa kawasan lainnya pada tahun 2013 genangan banjir berkisar antara 30-50 cm. Semua kawasan genangan tersebut berada pada DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan sistem drainase pada sub sistem Kali Kenjeran dan Kali Kepiting. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perencanaan sistem drainase Kota Surabaya khususnya pada DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran. Perencanaan yang akan dilakukan antara lain perencanaan ulang saluran drainase dan sistem pembuangan pada muara Kali Kepiting dan Kali Kenjeran. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-HMS dan HEC-RAS. HEC-HMS digunakan untuk analisa hidrologi sedangkan HEC-RAS untuk analisa hidrolika. Berdasarkan hasil analisa didapatkan dimensi saluran yang cukup variatif. Saluran tersier direncanakan dengan precast U-Ditch

dengan dimensi berkisar antara 60 x 100 cm hingga 250 x 250 cm. Saluran sekunder direncanakan hanya satu tipe dimensi yang menggunakan U-Ditch, yaitu 300 x 250 cm, sedangkan dua tipe dimensi lainnya berbentuk persegi menggunakan perkuatan sheet pile dengan dimensi 400 x 250 cm dan 500 x 250 cm. Saluran primer direncanakan berbentuk persegi dengan perkuatan sheet pile. Dimensi Saluran Kali Kepiting adalah 18 x 2,5 m dan Kali Kenjeran sebesar 12 x 2,5 m, padahal lebar eksisting untuk Kali Kepiting sebesar 16 m dan Kali Kenjeran sebesar 10 m. Hal ini menunjukkan bahwa lebar kedua saluran eksisting tidak dapat memenuhi kebutuhan debit banjir. Saat kondisi air laut pasang terjadi luapan di muara kedua saluran primer yang menyebabkan adanya backwater. Kurangnya lebar eksisting kedua saluran dan adanya backwater mengakibatkan terjadinya banjir. Oleh karena itu, direncanakan pembuatan kolam tampung / boezem dengan luas 200.000 m² sedalam 2,5 m dilengkapi dengan 4 unit pompa ($Q_{pompa} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) serta 4 buah pintu air (300 x 250 cm).

Kata kunci : Drainase, HEC-HMS, HEC-RAS, Kali Kenjeran, Kali Kepiting.

DRAINAGE NETWORK PLANNING OF KEPITING RIVER AND KENJERAN RIVER SUB SYSTEM SURABAYA

Student Name : Ridwan Sauqi
NRP : 3111 100 104
Department : Teknik Sipil FTSP – ITS
Supervisor : Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T.,
M.Sc.

Abstract

Flooding problems in Surabaya has yet to be handled thoroughly. Related to these problems, The Government of Surabaya stipulated that any presence of constructions should be followed by solution of flooding problems around the area (Region Regulations of Surabaya No. 3 of 2007 on Spatial Planning). Based on observations, largest flood in 2010 occurred in East Surabaya, in the Mulyorejo region approximately 368 Ha with depth of 15-30 cm. Later, in year 2011 through 2013 it fell to 0-15 cm. Along Kenjeran Roadway and in some other areas in 2013, the floodwaters depth ranged from 30-50 cm. All these flood areas are at the Kepiting River and Kenjeran River watershed. Therefore, we need a drainage system planning at the Kepiting River and Kenjeran River sub system. In this final project will be planning the drainage system in the City of Surabaya especially on Kepiting River and Kenjeran River watershed. The plan will redesign drainage channels and establish sewage systems in the estuary of Kepiting River and Kenjeran River. Analysis is done by using HEC-HMS and HEC-RAS software. HEC-HMS is used for hydrologic analysis while HEC-RAS is used for hydraulic analysis. Based on the analysis results, the dimension of all channel is quite varied. Tertiary channels are using U-Ditch precast with dimension ranging from 60 x 100 cm to 250 x 250 cm. Secondary channels are planned only one type of dimensions using the U-Ditch, which is 300 x 250 cm, while the other two types of

dimensions, 400 x 250 cm and 500 x 250 cm, are square-shaped with reinforcement of sheet pile. The two primary channels are square-shaped with reinforcement of sheet pile. Kepiting River and Kenjeran River dimensions are 18 x 2,5 m and 12 x 2,5 m respectively. Whereas the existing width for Kepiting River is 16 m and 10 m for Kenjeran River. This shows that the existing widths for both channels cannot meet the needs of flood discharge. When the tide occurs, there will be overflow at estuary of the channel. This causes backwater. The lack of existing width in both channels and the occurrence of backwater are what led to flood. Therefore, we need to establish a storage area / boezem with 2,5 m deep and 200.000 m² wide, including 4 units of water pump ($Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) and 4 water gates (300 x 250 cm).

Keywords: *Drainage, HEC-HMS, HEC-RAS, Kenjeran River, Kepiting River.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya Tugas Akhir ini. Tidak lupa penulis bershalawat dan berucap salam kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga, serta sahabat - sahabat beliau rahimahullah. Tugas Akhir yang berjudul “PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA” ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini dapat selesai bukan semata karena penulis saja, namun juga karena adanya doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Karenanya penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama pengerjaan Tugas Akhir ini berlangsung, terutama kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis, Mama Papa, yang selalu mendoakan setiap waktu. Yang selalu memberikan penulis semangat ketika sedang *down*.
2. Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing, atas segala ajaran dan bimbingan ilmu serta waktunya selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Teman - teman Al Hadiid; Naim, Adam, Rowi, Hamdan, Adhy, Tatang, Wantri, dan Wankur yang memberikan dukungan dan semangat selama masa - masa kuliah.
4. Teman - teman hidro; Maco, Haru, Rahmat, Regi, yang sudah membantu mengerjakan Tugas Akhir ini.
5. Teman - teman seperjuangan KP; Luay, Wisnu, dan Revi yang selalu menghibur dan tempat nongkrong disaat-saat santai.
6. Seluruh teman - teman seperjuangan Teknik Sipil angkatan 2011 yang telah menjadi keluarga bagi penulis selama di ITS ini.
7. Semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dan sangat bermanfaat penulis. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi sumber ilmu bagi semua pihak, khususnya adik - adik penulis di Teknik Sipil ITS.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Lokasi Studi	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1. Analisa Hidrologi	5
2.1.1. Data Curah Hujan	5
2.1.2. Analisa Frekuensi	7
2.1.3. Uji Kecocokan	16
2.1.4. Periode Ulang Hujan	19
2.1.5. SCS Unit Hydrograph	20

2.2. Analisa Hidrolika	23
2.2.1. Kapasitas Saluran	23
2.2.2. Tinggi Jagaan	25
2.2.3. Profil Air Balik (Backwater)	26
2.2.4. Kolam Tampung (Boezem)	26
2.3. Program Bantu	27
2.3.1. HEC-HMS	27
2.3.2. HEC-RAS	30
BAB III METODOLOGI	33
3.1. Studi Literatur	33
3.2. Pengumpulan Data	33
3.3. Analisa Data	33
3.4. Kesimpulan dan Saran	34
3.5. Langkah Pengerjaan	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Data Primer	37
4.2. Analisa Hidrologi	43
4.2.1. Analisa Data Hujan	44
4.2.2. Analisa Frekuensi	50
4.2.3. Uji Kecocokan	54
4.2.4. Perhitungan Hujan Rencana	58
4.2.5. Perhitungan SCS Unit Hydrograph	59

4.3. Perhitungan Debit dengan Program Bantu HEC-HMS	64
4.3.1. Skema Saluran pada Basin Model	66
4.3.2. Input Parameter	69
4.3.3. Output HEC-HMS	69
4.4. Analisa Hidrolika	71
4.4.1. Analisa Kapasitas Saluran Tersier	72
4.4.2. Analisa Kapasitas Saluran Sekunder dan Primer dengan Program Bantu HEC-RAS	79
4.4.3. Analisa Boezem dengan Program Bantu HEC-RAS	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi	3
Gambar 2.1	Poligon Thiessen	6
Gambar 2.2	Pendekatan perhitungan panjang overland flow	21
Gambar 2.3	Prinsip kerja boezem	27
Gambar 4.1	Poligon Thiessen DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran	44
Gambar 4.2	Program Settings HEC-HMS	65
Gambar 4.3	Basin Model Manager	66
Gambar 4.4	Window utama HEC-HMS	67
Gambar 4.5	Tools Basin Model	67
Gambar 4.6	Skema saluran HEC-HMS DAS Kali Kenjeran	68
Gambar 4.7	Skema saluran HEC-HMS DAS Kali Kepiting	68
Gambar 4.8	Skema saluran HEC-RAS DAS Kali Kenjeran	79
Gambar 4.9	Skema saluran HEC-RAS DAS Kali Kepiting	80
Gambar 4.10	Cross Sections saluran pada HEC-RAS	80
Gambar 4.11	Boundary Conditions	81
Gambar 4.12	Hidrograf HEC-RAS	82

Gambar 4.13	Initial Conditions	83
Gambar 4.14	Potongan memanjang Kali Kenjeran	84
Gambar 4.15	Potongan memanjang Kali Kepiting	84
Gambar 4.16	Lokasi rencana boezem	87
Gambar 4.17	Skema boezem HEC-RAS	88
Gambar 4.18	Cross sections hilir Kali Kenjeran dan Kali Kepiting	88
Gambar 4.19	Cross sections Outlet	89
Gambar 4.20	Storage Area Editor	90
Gambar 4.21	Pump Connection Data	90
Gambar 4.22	Pump Group Data	90
Gambar 4.23	Weir Station	91
Gambar 4.24	Gate Editor	92
Gambar 4.25	Inline Structure Editor	92
Gambar 4.26	Flow Hydrograph Kali Kenjeran dan Kali Kepiting	93
Gambar 4.27	Stage Hydrograph dan Gate Openings	94
Gambar 4.28	Saluran Outlet pada kondisi puncak	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai k untuk Distribusi Log Normal	10
Tabel 2.2	Nilai k untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	12
Tabel 2.3	Reduced Mean (Y_n)	13
Tabel 2.4	Reduced Standar Deviation (S_n)	14
Tabel 2.5	Reduced Variate (Y_{tr})	14
Tabel 2.6	Nilai kritis untuk uji kecocokan chi kuadrat	16
Tabel 2.7	Nilai kritis untuk uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof	17
Tabel 2.8	Periode Ulang Hujan (PUH)	18
Tabel 2.9	Harga CN di Indonesia	19
Tabel 2.10	Koefisien Kekasaran Manning (n)	23
Tabel 2.11	Tinggi Jagaan Minimum	25
Tabel 2.12	Metode Program HEC-HMS	28
Tabel 4.1	Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran	37
Tabel 4.2	Saluran Sekunder dan Primer DAS Kali Kenjeran	38
Tabel 4.3	Sub DAS Kali Kenjeran	39
Tabel 4.4	Saluran Tersier DAS Kali Kepiting	40
Tabel 4.5	Saluran Sekunder dan Primer DAS Kali Kepiting	41
Tabel 4.6	Sub DAS Kali Kepiting	42
Tabel 4.7	Koefisien Thiessen (W)	45

Tabel 4.8	Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Kedung Cowek	45
Tabel 4.9	Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Gubeng	46
Tabel 4.10	Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Keputih	46
Tabel 4.11	Rekapitulasi Curah Hujan Tahunan Maksimum Tiap Stasiun	47
Tabel 4.12	Perhitungan Hujan Rata - Rata berdasarkan Stasiun Hujan Kedung Cowek	48
Tabel 4.13	Perhitungan Hujan Rata - Rata berdasarkan Stasiun Hujan Gubeng	49
Tabel 4.14	Perhitungan Hujan Rata - Rata berdasarkan Stasiun Hujan Keputih	49
Tabel 4.15	Curah Hujan Rata - Rata Maksimum	50
Tabel 4.16	Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I	51
Tabel 4.17	Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III	52
Tabel 4.18	Pemilihan Jenis Distribusi	53
Tabel 4.19	Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Gumbel Tipe I	55
Tabel 4.20	Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	53
Tabel 4.21	Uji Smirnov Kolmogorov Distribusi Gumbel Tipe I	56

Tabel 4.22	Uji Smirnov Kolmogorov Distribusi Log Pearson	
	Tipe III	57
Tabel 4.23	Hasil Uji Kecocokan	58
Tabel 4.24	Tinggi Hujan pada Jam ke-t	59
Tabel 4.25	Parameter SCS UH untuk DAS Kali Kenjeran	60
Tabel 4.26	Parameter SCS UH untuk DAS Kali Kepiting	62
Tabel 4.27	$Q_{\text{Hidrologi}}$ Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran	70
Tabel 4.28	$Q_{\text{Hidrologi}}$ Saluran Tersier DAS Kali Kepiting	71
Tabel 4.29	Dimensi U-Ditch PT Adhimix	72
Tabel 4.30	Dimensi Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran	74
Tabel 4.31	Dimensi Saluran Tersier DAS Kali Kepiting	76
Tabel 4.32	Dimensi Saluran Sekunder dan Primer DAS	
	Kali Kenjeran	85
Tabel 4.33	Dimensi Saluran Sekunder dan Primer DAS	
	Kali Kepiting	86
Tabel 5.1	Tipe U-Ditch yang dipakai	95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Surabaya merupakan kota kedua terbesar di Indonesia setelah Jakarta. Kota Pahlawan ini secara geografis berada di garis lintang selatan dan bujur timur antara $7^{\circ}12'$ - $7^{\circ}21'$ lintang selatan dan $112^{\circ}36'$ - $127^{\circ}54'$ bujur timur. Luas kota metropolitan ini adalah 374,8 km² dengan jumlah penduduk sekitar 2,765 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2010). Peningkatan jumlah penduduk yang terus bertambah dalam waktu yang relatif singkat memerlukan dukungan sarana dan prasarana agar tidak menimbulkan permasalahan-permasalahan. Salah satu masalah yang timbul adalah genangan khususnya pada saat musim hujan.

Tidak dapat dipungkiri banjir menjadi persoalan besar bagi Kota Surabaya. Dimana Surabaya terbagi atas lima kawasan utama yaitu Surabaya Barat, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Pusat, dan Surabaya Utara. Hampir tak ada kawasan Surabaya yang benar - benar luput dari banjir.

Permasalahan banjir Kota Surabaya sampai saat ini belum dapat tertangani secara menyeluruh walaupun Pemerintah Kota Surabaya telah berupaya semaksimal mungkin untuk mengatasinya. Berkaitan dengan permasalahan tersebut, Pemerintah Kota menetapkan bahwa setiap adanya pembangunan harus diikuti dengan penyelesaian banjir disekitar wilayah tersebut (PERDA Kota Surabaya Nomor 3 Tahun 2007 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya).

Pada tahun 2010 banjir yang terluas di Surabaya Timur adalah daerah Mulyorejo \pm 368 Ha, lama genangan 2-6 jam, dan kedalamannya 15-30 cm. Kemudian di tahun 2011 sampai 2013 turun menjadi 0-15 cm dengan sub sistem pematusan Kali Kepiting (Sumber: Bappeda). Namun sepanjang Jalan Raya Kenjeran berada dalam kondisi yang parah, kedalamannya genangan 30-50 cm pada tahun 2013 dan di beberapa kawasan lainnya.

Semua kawasan genangan tersebut berada pada daerah aliran sungai (DAS) Kali Kepiting dan Kali Kenjeran. Dimana saluran Kali Kepiting ini selain muara ke laut akan bercabang pada saluran Kalijudan menuju saluran Kali Kenjeran yang pada akhirnya bermuara ke laut. Oleh karena itu diperlukan perencanaan sistem drainase pada sub sistem Kali Kepiting dan Kali Kenjeran karena kedua saluran ini saling berhubungan agar permasalahan banjir dapat teratasi.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apa yang menyebabkan terjadinya genangan pada DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting?
2. Berapa debit banjir rencana yang digunakan?
3. Bagaimana rencana dan dimensi penampang saluran drainase yang direncanakan?
4. Bagaimana pengaruh muka air laut terhadap aliran Kali Kenjeran dan Kali Kepiting?

1.3. Tujuan

Dengan adanya permasalahan di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab terjadinya genangan pada DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting.
2. Mengetahui debit banjir rencana yang digunakan.
3. Mengetahui dimensi penampang saluran drainase yang direncanakan.
4. Mengetahui pengaruh muka air laut pada aliran Kali Kenjeran dan Kali Kepiting.

1.4. Batasan Masalah

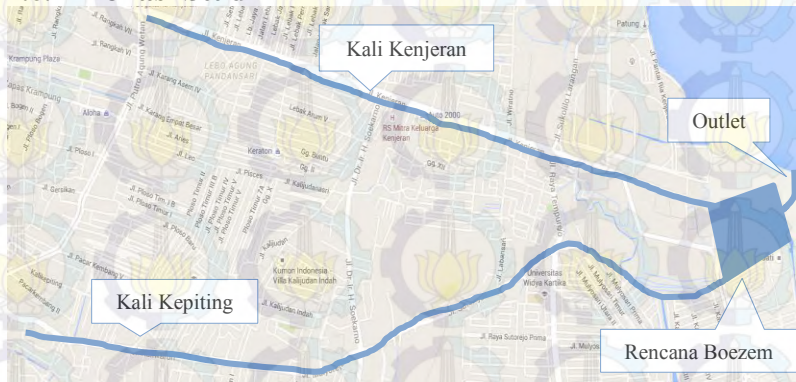
Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan saluran drainase hanya pada DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting.
2. Tidak menghitung besarnya limbah rumah tangga.
3. Tidak menghitung sedimentasi.
4. Tidak menghitung biaya pembuatan saluran drainase.

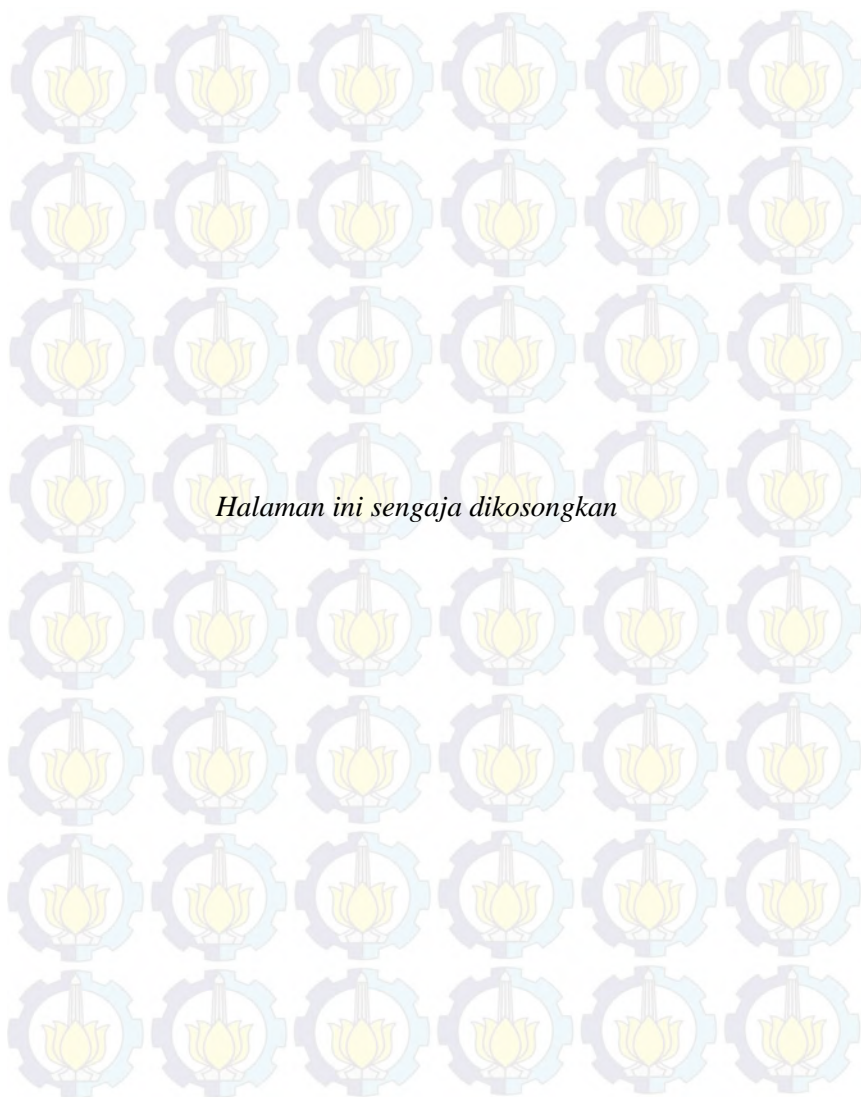
1.5. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini diharapkan mampu menghasilkan suatu perencanaan ulang sistem drainase di kawasan DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting yang tepat. Perencanaan ulang ini ditujukan agar mampu menjadi salah satu dasar pertimbangan dalam pengembangan dan perbaikan sistem drainase Kota Surabaya pada kawasan DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting guna menghadapi perkembangan pesat Kota Surabaya pada tahun-tahun mendatang.

1.6. Lokasi Studi



Gambar 1.1 Peta Lokasi
(sumber: maps.google.com)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang membahas tentang air yang ada di bumi mengenai kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat-sifat fisik dan kimianya, serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungannya dengan kehidupan (R. K. Linsley, Max A. Kohler, Joseph L. H. Paulus, 1982). Analisa hidrologi di sini adalah perhitungan debit banjir yang merupakan pegangan utama dalam merencanakan atau mendesain bangunan air.

Analisa hidrologi secara umum dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi pada kawasan yang menjadi obyek studi. Pada studi ini analisa hidrologi digunakan untuk mengetahui karakteristik hujan, menganalisa hujan rencana, dan analisa debit rencana. Guna memenuhi langkah tersebut diperlukan data curah hujan, kondisi tata guna lahan, kemiringan lahan, dan koefisien permeabilitas tanah.

2.1.1. Data Curah Hujan

Curah hujan diperlukan untuk perancangan suatu pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir. Curah hujan yang digunakan bukanlah curah hujan pada suatu titik tertentu, melainkan curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah dinyatakan dalam mm.

Curah hujan wilayah harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan yang terletak di sekitar daerah yang bersangkutan. Ada tiga metode untuk perhitungan curah hujan rata-rata:

- a. Metode rata-rata aritmatik (aljabar).
- b. Metode Poligon Thiessen.
- c. Metode Isohyet.

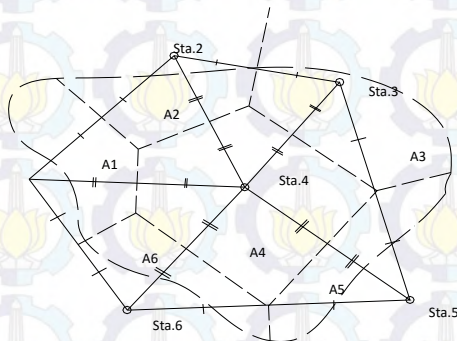
Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini akan digunakan Metode Poligon Thiessen untuk perhitungan curah hujan rata-rata. Metode

ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Poligon Thiessen dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat (Gambar 2.1). Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut.

Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.

Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen selalu tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru (Triatmodjo, 2008).

Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aritmatik. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5.000 km².



Gambar 2.1 Poligon Thiessen

Curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dibawah ini:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana,

\bar{R} = curah hujan rata-rata (mm).

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan yang tercatat di stasiun hujan
1, 2, ..., n (mm).

A_1, A_2, \dots, A_n = luas areal poligon 1, 2, ..., n (km²).

2.1.2. Analisa Frekuensi

Tujuan analisa frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi terjadinya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisa diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak serta bersifat stokastik.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak tergantung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang terjadi (Suripin, 2004).

Analisa frekuensi sesungguhnya merupakan prakiraan dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rancangan yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi.

Analisa frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan teori *probability distribution*, antara lain Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel. Secara sistematis perhitungan hujan rencana dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

1. Penentuan Paramater Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisa frekuensi meliputi: parameter nilai rata-rata (\bar{X}), simpangan baku (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s), dan koefisien kurtosis (C_k). Perhitungan parameter tersebut didasarkan

pada data catatan tinggi hujan harian maksimum, paling sedikit dengan data 10 tahun terakhir. Untuk memudahkan perhitungan proses analisa dilakukan secara matriks dengan menggunakan tabel, sedangkan rumus yang digunakan adalah:

$$Xbar = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Sd = \frac{\sqrt{\sum (X - Xbar)^2}}{n - 1} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Cv = \frac{Sd}{X} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Cs = \frac{1/n \sum (X - Xbar)^3}{(1/n \sum (X - Xbar)^{3/2}) \cdot \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Ck = \frac{1/n \sum (X - Xbar)^4}{(1/n \sum (X - Xbar)^2)^2 \cdot \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)}} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana,

Xbar = tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun.

$\sum X$ = jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun.

n = jumlah tahun pencatatan data hujan

Sd = simpangan baku

Cv = koefisien variasi

Cs = koefisien kemiringan

Ck = koefisien kurtosis

2. Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa jenis distribusi. Namun hanya empat jenis distribusi yang sering digunakan dalam

bidang hidrologi. Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing - masing jenis distribusi berikut:

- Distribusi Normal mempunyai harga $C_s \approx 0$ dan $C_k = 3$
- Distribusi Log Normal mempunyai harga $C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$ dan $C_k = 5.383$
- Distribusi Log Pearson Tipe III mempunyai harga $C_s \neq 0$
- Distribusi Gumbel Tipe I mempunyai harga $C_s \leq 1.139$ dan $C_k \leq 5.4002$

3. Perhitungan Hujan Rencana

Perhitungan hujan rencana dilakukan dengan jenis distribusi yang sudah dicocokkan dengan parameter statistik diatas, dengan rumus sebagai berikut:

a. Distribusi Log Normal

Perhitungan distribusi log normal menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + k \cdot S \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana,

X = Curah hujan dengan periode tertentu

\bar{X} = Curah hujan maksimum rata-rata

k = Faktor dari distribusi (Tabel 2.1)

S = Standar deviasi

Tabel 2.1 Nilai k untuk Distribusi Log Normal (Soemarto, 1999)

Koefisien Variasi (CV)	Peluang Kumulatif P (%) : $P(X \leq x)$					
	30	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,4570
0,075	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,2130	2,5489
0,1000	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,607
0,2000	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	2,3640	2,7716
0,2500	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	2,4318	2,8805
0,3000	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	2,5015	2,9866
0,3500	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	2,5638	3,0890
0,4000	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	2,6212	3,1870
0,4500	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,6731	3,2799
0,5000	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,7202	3,3673
0,5500	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,7613	3,4488
0,6000	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,7971	3,5211
0,6500	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,8279	3,5930
0,7000	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,8532	3,6663
0,7500	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8000	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,8500	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9000	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,9071	3,8137
0,9500	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	2,9103	3,8762
1,0000	-0,2929	0,4254	1,0560	1,7815	2,9098	3,9035

b. Distribusi Log Pearson Tipe III

Perhitungan distribusi log normal dan log pearson tipe III menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + k.Sd\overline{\text{Log}X} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana,

$\text{Log}X$ = Logaritma curah hujan (diharapkan terjadi)
untuk periode tertentu

$\overline{\text{Log}X}$ = Hujan rata-rata dari logaritmik data

$Sd\overline{\text{Log}X}$ = Standar deviasi logaritmik

k = Faktor dari distribusi (Tabel 2.2)

(Suripin, 2004)

Tabel 2.2 Nilai k untuk Distribusi Log Pearson Tipe III
(Suripin, 2004)

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

c. Distribusi Gumbel Tipe I

Perhitungan distribusi Gumbel Tipe I menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Xi = X_{rt} + S.k \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana,

X_i = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

X_{rt} = Nilai tengah sampel

S = Standar deviasi

k = Faktor frekuensi

Faktor frekuensi k didapat dengan menggunakan rumus:

$$k = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n} \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana,

Y_n = harga rata-rata *reduced mean* (Tabel 2.3)

S_n = *Reduced Standar Deviation* (Tabel 2.4)

Y_{tr} = *Reduced variate* (Tabel 2.5)

Tabel 2.3 *Reduced Mean* (Y_n) (Soewarno, 1995)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
10	0,4592	34	0,5396	58	0,5518	82	0,5572
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5053	36	0,5410	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,5430	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5436	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5181	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5555	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563		
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565		
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567		
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569		
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570		

Tabel 2.4 *Reduced Standar Deviation (Sn)* (Soewarno, 1995)

<i>n</i>	<i>Sn</i>	<i>n</i>	<i>Sn</i>	<i>n</i>	<i>Sn</i>	<i>n</i>	<i>Sn</i>
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,1961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

Tabel 2.5 *Reduced Variate (Ytr)* (Suripin, 2004)

Periode Ulang	<i>Reduced Variate</i>	Periode Ulang	<i>Reduced Variate</i>
2	0,3665	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	500	6,2149
20	2,9709	1000	6,9087
25	3,1993	5000	8,5188
50	3,9028	10000	9,2121

2.1.3. Uji Kecocokan

Uji kecocokan dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antara besarnya debit maksimum tahunan hasil pengamatan lapangan dengan hasil perhitungan. Uji kecocokan dapat dilakukan dengan Uji Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Soewarno, 1991).

1. Uji Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat menggunakan rumus:

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana,

X^2 = harga chi kuadrat terhitung.

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1.

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1.

N = jumlah data.

(Suripin, 2004).

Suatu distrisbusi dikatakan selaras jika nilai X^2 hitung < dari X^2 kritis. Nilai X^2 kritis dapat dilihat di Tabel 2.6. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$K = 1 + 3.322 \log n \dots\dots\dots(2.13)$$

$$E_i = n / K \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana,

DK = derajat kebebasan.

K = jumlah kelas.

α = banyaknya keterikatan (banyaknya parameter), untuk uji chi-kuadrat adalah 2.

n = jumlah data

E_i = nilai yang diharapkan.

(Triatmodjo, 2008).

Tabel 2.6 Nilai kritis untuk uji kecocokan chi kuadrat
(Soewarno, 1991)

Df	α Derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,9E-05	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Suripin, 2004). Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut:

$$X_1 \quad P(X_1)$$

$$X_2 \quad P(X_2)$$

$$X_3 \quad P(X_3)$$

$$X_4 \quad P(X_4)$$

- b. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya):

$$X_1 \quad P'(X_1)$$

$$X_1 \quad P'(X_1)$$

$$X_m \quad P'(X_m)$$

$$X_n \quad P'(X_n)$$

- c. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)]$$

- d. Berdasarkan Tabel 2.7 nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga D_0 .

Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2.7 Nilai kritis untuk uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof (Soewarno, 1995).

Jumlah data	α derajat kepercayaan			
n	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$1,07/n^{0,5}$	$1,22/n^{0,5}$	$1,36/n^{0,5}$	$1,63/n^{0,5}$

2.1.4. Periode Ulang Hujan

Besarnya curah hujan rencana dipilih berdasarkan pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi kawasan yang ditinjau. Nilai periode ulang hujan suatu kawasan yang sesuai dengan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Periode Ulang Hujan (PUH)

No	Distribusi	PUH (tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko kecil	2
	Resiko besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanda resiko	2
	Resiko kecil	5
	Resiko besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Tanda resiko	5
	Resiko kecil	10
	Resiko besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25 A 50) Ha	5
	Luas DAS (50 A 100) Ha	5-10
	Luas DAS (100 A 1300) Ha	10-25
	Luas DAS (1300 A 6500) Ha	25-50
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-Gorong	
	Jalan raya biasa	10
	Jalan by pass	25
	Jalan ways	50
7	Saluran Tepian	
	Jalan raya biasa	5-10
	Jalan by pass	10-25
	Jalan ways	25-50

(SDMP – Surabaya Drainage Master Plan, 2012)

2.1.5. SCS Unit Hydrograph

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung yang disebabkan oleh curah hujan efektif dengan intensitas seragam jatuh merata diseluruh DAS dengan durasi tertentu. Volume limpasan akan diestimasi dengan menggunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*). Dalam menggunakan cara SCS, volume limpasan dari sebuah DAS yang kejatuhan air hujan ditentukan berdasarkan ciri - ciri dari sub DAS-nya, yang diukur dari peta atau penilaian pada saat pengamatan lapangan.

Parameter - parameter dari sub DAS yang bersangkutan adalah luas, panjang dan kemiringan dari tapak aliran, serta tata guna lahan. Parameter tata guna lahan meliputi komponen yang kedap dan meresap air serta jenis dari komponen yang meresap.

Diantara parameter sub DAS yang paling menentukan untuk volume limpasan adalah persentase luas yang kedap air dan *Curve Number* (CN). CN yang lebih tinggi berarti volume limpasannya juga lebih tinggi, dengan batasan teoritis dari CN = 100 yang berarti sama dengan volume limpasannya 100%.

Penggunaan lahan yang ada telah diinterpretasikan sesuai dengan karakteristik air limpasan yang berbeda, bisa dilihat pada Tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Harga CN di Indonesia

Penggunaan Lahan	<i>Impervious</i>	Serap Air
	%	CN
Areal pemukiman		
50 - 150 orang/ha (perumahan baru)	85	74
50 - 150 orang/ha (perumahan lama)	70	74
150 - 250 orang/ha	85	79
250 - 350 orang/ha	90	84
> 350 orang/ha	95	88
Lahan Terbuka		

Rerumputan (>75%)	0	74
Campuran (rerumputan 25% - 75%)	0	79
Lain - Lain		
Industri, bisnis, dan perdagangan	95	88
Fasilitas umum / kampus	70	79
Jalan utama, areal parkir mobil, dsb	100	0

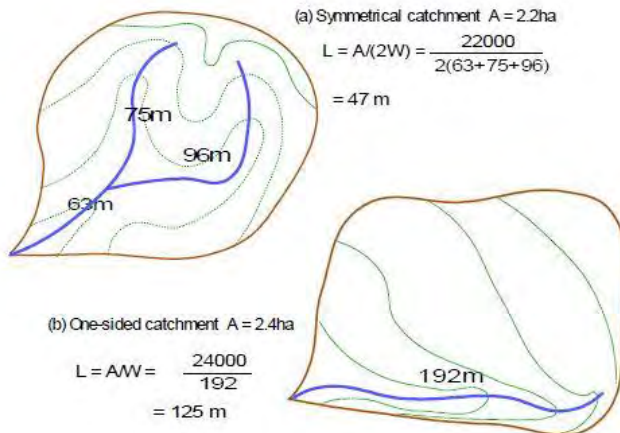
(SDMP – Surabaya Drainage Master Plan, 2012)

Panjang rata - rata dari aliran permukaan dan kemiringan lahan dapat dihitung dari peta. Panjang aliran permukaan untuk catchment simetrik dapat dihitung dengan persamaan:

$$Panjang = \frac{Luas}{2 \times panjangsduran} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sedangkan untuk daerah aliran satu sisi, panjang aliran permukaan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Panjang = \frac{Luas}{panjangsaliran} \dots\dots\dots(2.16)$$



Gambar 2.2 Pendekatan perhitungan panjang *overland flow*

Kemiringan dari aliran permukaan adalah kemiringan rata-rata permukaan dari ujung daerah aliran ke saluran utama. Ini tidak berarti bahwa kemiringan tersebut dihitung dari perbedaan ketinggian terbesar dari daerah aliran dibagi dengan panjang dari saluran drainase utama.

SCS membangun persamaan dengan koefisien empirik yang berhubungan dengan elemen - elemen dari unit hidrograf yang mewakili karakteristik dari daerah aliran. *Unit hydrograph* ditentukan oleh elemen - elemen seperti Q_p (cfs), T_p (jam) dan T_b (jam).

$$Q_p = \frac{484 * q * A}{T_p} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana,

Q_p = Debit puncak

q = Hujan efektif (inch)

A = Luas area (mil^2)

T_p = Waktu debit puncak (jam)

q dapat dihitung dengan persamaan:

$$q = \frac{(R - 0.2S)^2}{R + 0.8S} \text{ for } R \geq 0.2S \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana R = kedalaman hujan (inch).

Jika $R \leq 0.2S$ maka dapat diasumsikan bahwa $q = 0$ yang berarti semua air hujan yang jatuh meresap kedalam tanah.

T_p dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_L \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana,

D = Lamanya hujan (jam)

t_L = *time lag* antara datangnya hujan dengan waktu terjadinya debit puncak (jam)

t_L dapat dihitung dengan persamaan:

$$t_L = \frac{L^{0.8} * (S + 1)^{0.7}}{1900 * Y^{0.5}} \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana,

L = Panjang *overland flow* (ft)

S = Retensi maksimum ($S = (1000 / CN) - 10$)

Y = Kemiringan rata-rata lahan

2.2. Analisa Hidrolika

2.2.1. Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini, digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air (Anggrahini, 2005).

Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times A \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana,

Q = debit hidrolika (m^3/s)

n = koefisien kekasaran manning (Tabel 2.10)

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

I = kemiringan saluran

A = luas penampang saluran (m^2)

Tabel 2.10 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Material Saluran		n
Saluran tanpa pasangan		
Tanah		0,020 - 0,025
Pasir dan kerikil		0,025 - 0,040
Dasar saluran batuan		0,025 - 0,035
Saluran dengan pasangan		
Semen mortar		0,011 - 0,015
Beton	Pasangan batu adukan basah	0,022 - 0,026
	Pasangan batu adukan kering	0,018 - 0,022
Saluran pipa		
Pipa beton	Sentrifugal	0,011 - 0,015
	Bergelombang	0,011 - 0,015
	Liner plates	0,013 - 0,017

(SDMP - Surabaya Drainage Master Plan, 2000)

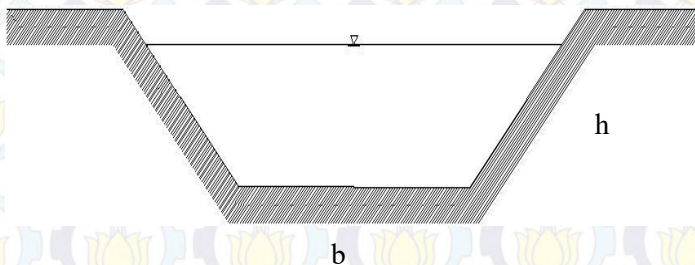
Beberapa bentuk penampang saluran drainase:

1. Penampang Trapesium

$$A = (b + z \cdot h)h \dots\dots\dots(2.22)$$

$$P = b + 2 \cdot h \times \sqrt{1 + z^2} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.24)$$

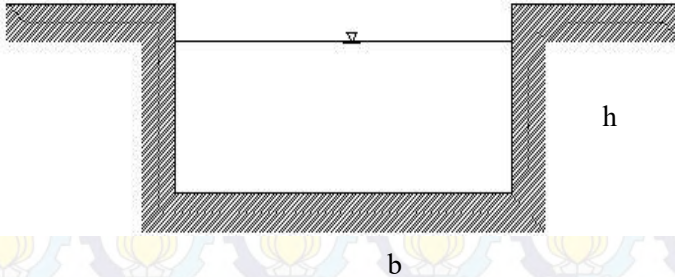


2. Penampang Segi empat

$$A = b \cdot h \dots\dots\dots(2.25)$$

$$P = b + 2 \cdot h \dots\dots\dots(2.26)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.27)$$



dimana,

A = luas penampang saluran (m²)

b = lebar dasar saluran (m)

h = tinggi air dalam saluran (m)

z = kemiringan tebing saluran

P = keliling basah saluran (m)

R = jari-jari hidrolis dari penampang saluran (m)

Selain bentuk bentuk penampang diatas masih banyak lagi bentuk saluran yang merupakan kombinasi dari bentuk-bentuk dasar tersebut dan dibuat sesuai dengan kebutuhannya.

2.2.2. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai ke permukaan air pada kondisi perencanaan. Besarnya tinggi jagaan minimum dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Tinggi Jagaan Minimum

Komponen	Tinggi jagaan (m)
Saluran tersier	0,10 - 0,20
Saluran sekunder	0,20 - 0,40
Saluran primer	0,40 - 0,60
Sungai (<i>Basin drainage</i>)	1,00

(SDMP - Surabaya Drainage Master Plan, 2000)

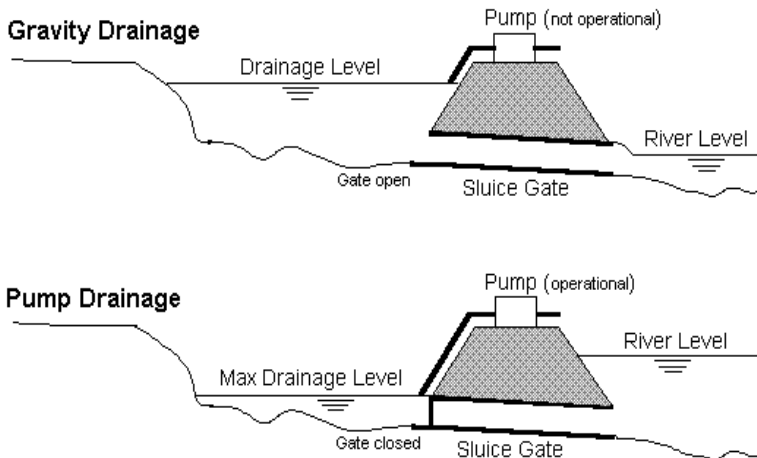
2.2.3. Profil Air Balik (*Backwater*)

Saluran yang mengarah langsung ke laut akan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ketika air laut pasang muka air di hilir dapat menjadi lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga air di saluran tidak dapat mengalir. Kondisi disebut dengan *backwater*. Oleh karena itu diperlukan analisa profil *backwater* yang terjadi pada saluran primer.

2.2.4. Kolam Tampung (*Boezem*)

Boezem digunakan untuk penampungan air sementara ketika muka air di hilir lebih tinggi daripada muka air di saluran. Prinsip kerja boezem merupakan hubungan antara aliran masuk dari saluran-saluran drainase ke boezem (I, inflow), aliran keluar dari boezem (O, outflow), dan volume tampungan dalam boezem (V, storage).

Ketika permukaan air di hilir lebih tinggi daripada permukaan air pada saluran, pintu air pada *outflow* ditutup kemudian pompa digunakan untuk membuang air tampungan pada *storage*. Namun ketika air di hilir lebih rendah daripada air di saluran, pintu air pada *outflow* bisa dibuka untuk kemudian air mengalir dengan bantuan gravitasi. Untuk ilustrasinya bisa dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Prinsip kerja boezem

2.3. Program Bantu

Terdapat 2 program bantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini; HEC-HMS dan HEC-RAS. HEC-HMS diperlukan untuk menganalisa hidrologi sedangkan HEC-RAS untuk menganalisa hidrolika.

2.3.1 HEC-HMS

The Hydrologic Modeling System (HMS) merupakan program pemodelan sistem hidrologi yang dimiliki *US Army Corps of Engineers (USACE)* dan dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* sebagai pengganti dari program terdahulunya yaitu HEC-1. Dengan beberapa *feature* tambahan serta tampilan *graphical user interface* menjadikan HEC-HMS lebih memiliki keunggulan dibandingkan HEC-1.

HEC-HMS dirancang untuk mensimulasikan proses hidrologi secara lengkap dengan sistem DAS akibat input curah hujan dengan merepresentasikan DAS sebagai suatu sistem hidrologi dengan komponen - komponen hidrolika yang saling berhubungan. Program ini mencakup banyak prosedur analisis

hidrologi seperti metode infiltrasi, unit hidrograf, dan hidrologi *routing*. HEC-HMS juga bisa melakukan prosedur yang diperlukan untuk simulasi kontinyu termasuk evapo-transpirasi, pencairan salju, dan perhitungan kelembaban tanah. Kemampuan lain juga tersedia untuk simulasi limpasan grid menggunakan linear *quasi-distributed transform* (ModClark). Alat analisis tambahan juga disediakan untuk estimasi parameter, analisis *depth-area*, erosi dan transportasi sedimen, serta kualitas air bersih.

Program ini memiliki *work environment* yang terintegrasi termasuk *database*, entri data utilitas, mesin komputasi, dan alat hasil pelaporan. *User interface* dengan *icon-icon* yang mudah dipahami memungkinkan pengguna dapat dengan mudah membedakan antara satu *tool* dengan *tool* lainnya. Hasil simulasi disimpan dalam HEC-DSS (*Data Storage System*) dan dapat digunakan dengan *software* lain untuk studi ketersediaan air, drainase perkotaan, perencanaan arus, desain waduk *spillway*, pengurangan kerusakan akibat banjir, dan regulasi daerah banjir. Output yang dihasilkan dari pemodelan HEC-HMS adalah perhitungan hidrograf aliran sungai pada lokasi yang dikehendaki dalam suatu DAS (www.hec.usace.army.mil).

Dalam program HEC-HMS, proses hujan-limpasan yang terjadi dalam suatu DAS dibagi menjadi beberapa komponen model, yaitu:

1. *Precipitation model*, merupakan masukan pada sistem DAS.
2. *Loss model*, untuk menghitung volume *runoff* (hujan efektif).
3. *Direct runoff model*, untuk mentransformasikan dari hujan efektif menjadi limpasan permukaan.
4. *Baseflow model*, untuk menghitung besarnya aliran dasar.
5. *Routing model*, untuk menganalisa penelusuran aliran-aliran dari hulu ke hilir.

Berbagai metode dari komponen model tersebut yang terdapat dalam program HEC-HMS dapat dilihat dari Tabel 2.12 berikut:

Tabel 2.12 Metode program HEC-HMS

No	Model	Metode
1	Precipitation	User hyetograph User gage weighting Inverse-distance gage weights Gridded precipitation Frequency storm Standard project storm
2	Volume runoff	Initial and constant-rate SCS curve number Gridded SCS curve number Green and Ampt Deficit and constant rate Soil moisture accounting Gridded SMA
3	Direct runoff	User-specified unit hydrograph Clark's UH Snyder's UH SCS UH Modclarck Kinematic Wave
4	Baseflow	Constant monthly Exponential recession Linear reservior
5	Routing	Kinematic Wave Lag Modified Puls Muskingum Muskingum-Cunge Standard section Muskingum-Cunge 8 point section

(USACE, 2001)

Sesuai dengan fasilitas yang terdapat dalam HEC-HMS dan pertimbangan parameter-parameter yang dibutuhkan dan faktor ketersediaan data, maka model-model hidrologi yang dipilih dalam analisis adalah sebagai berikut ini (Suhartanto, 2008):

a. Hujan (*Precipitation*)

Metode model hujan yang digunakan untuk masukan (*input*) berupa hujan yang terjadi dalam pemodelan menerus (*continuous model*) yaitu *hyetograph method*. Metode ini dapat memasukkan besaran hujan yang terjadi pada sebuah sub DAS dari luar program. Masukan hujan untuk setiap sub DAS berupa hujan terdistribusi.

b. Volume Aliran (*Volume Runoff*)

Program HEC-HMS didalamnya terdapat suatu model yang digunakan untuk pemodelan menerus (*continuous model*) dalam menentukan volume aliran yaitu *SCS Curve Number*. Model ini beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah, serta kelembaban.

c. Aliran Langsung (*Direct Runoff*)

Model direct runoff yang digunakan dalam model HEC-HMS adalah *SCS Unit Hydrograph*.

d. *Baseflow*

Model *Baseflow* tidak digunakan dalam analisa hidrologi HEC-HMS, maka dipilih *none*. *Baseflow* akan digunakan saat analisa hidrolika pada program HEC-RAS.

e. *Routing*

Model *Routing* yang digunakan adalah *Kinematic Wave*.

2.3.2 HEC-RAS

River Analysis System (RAS) merupakan program untuk memodelkan aliran di sungai. Dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). Program ini memiliki empat komponen model:

a. *Steady Flow Water Surface Component.*

Model ini berfungsi untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah beraturan (*steady gradually varied flow*). Program mampu memodelkan jaringan sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. *Regime* aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, super-kritik, maupun campuran antara keduanya.

Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energi. Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan (Persamaan Manning) dan kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan). Persamaan momentum dipakai manakala dijumpai aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), misalnya campuran *regime* aliran sub-kritik dan super-kritik (*hydraulic jump*), aliran melalui jembatan, serta aliran di percabangan sungai (*stream junctions*).

Modul aliran permanen HEC-RAS mampu memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*bridges*), gorong - gorong (*culverts*), bendung (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai. Modul aliran permanen dirancang untuk dipakai pada permasalahan pengelolaan bantaran sungai dan penetapan asuransi risiko banjir berkenaan dengan penetapan bantaran sungai dan dataran banjir. Modul aliran permanen dapat pula dipakai untuk perkiraan perubahan muka air akibat perbaikan alur atau pembangunan tanggul.

Fitur spesial modul aliran permanen HEC-RAS mencakup analisis *plan* ganda, hitungan profil ganda, analisis bukaan gorong-gorong atau pintu ganda, optimasi pemisahan aliran, serta desain dan analisis saluran stabil.

b. *Unsteady Flow Simulation.*

Model ini mampu mensimulasikan aliran tak permanen satu dimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks. Modul aliran tak permanen HEC-RAS juga dapat menyimulasikan *regime* aliran campuran (sub-kritik, super-kritik, loncat air, dan *draw-downs*).

Bagian program yang menghitung aliran di tampang lintang, jembatan, gorong-gorong, dan berbagai jenis struktur hidrolika lainnya merupakan program yang sama dengan program hitungan yang ada pada model aliran permanen HEC-RAS.

Fitur spesial model aliran tak permanen mencakup analisis *dam-break*, limpasan melalui tanggul dan tanggul jebol, pompa, operasi dam navigasi, serta aliran tekan dalam pipa.

c. *Sediment Transport/Movable Boundary Computations.*

Model ini mampu menyimulasikan transpor sedimen satu dimensi (simulasi perubahan dasar sungai) akibat gerusan atau deposisi dalam waktu yang cukup panjang (umumnya tahunan, namun dapat pula dilakukan simulasi perubahan dasar sungai akibat sejumlah banjir tunggal).

Potensi transpor sedimen dihitung berdasarkan fraksi ukuran butir sedimen sehingga memungkinkan simulasi *armoring* dan *sorting*. Fitur utama modul transpor sedimen mencakup kemampuan untuk memodelkan suatu jaringan sungai, *dredging*, berbagai alternatif tanggul, dan pemakaian berbagai persamaan (empiris) transpor sedimen.

d. *Water Quality Analysis.*

Model ini dapat dipakai untuk melakukan analisis kualitas air di sungai. Model ini dapat dipakai untuk melakukan analisis temperatur air serta simulasi transpor beberapa konstituen kualitas air, seperti *Algae*, *Dissolved Oxygen*, *Carbonaceous Biological Oxygen Demand*, *Dissolved Orthophosphate*, *Dissolved Organic Phosphorus*, *Dissolved Ammonium Nitrate*, *Dissolved Nitrite Nitrogen*, *Dissolved Nitrate Nitrogen*, dan *Dissolved Organic Nitrogen*.



BAB III METODOLOGI

3.1. Studi Literatur

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, diperlukan kajian literatur guna menunjang pengetahuan tentang saluran drainase. Adapun referensi yang digunakan didapat dari internet, buku perkuliahan, dan berbagai jurnal, serta Tugas Akhir terdahulu.

3.2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Peta jaringan saluran drainase sub catchment Kali Kenjeran dan Kali Kepiting.
2. Peta lokasi.
3. Data hujan.
4. Peta Tata Guna Lahan.
5. Peta Topografi.

3.3. Analisa Data

Untuk mengetahui permasalahan pada sistem drainase sub catchment Kali Kenjeran dan Kali Kepiting perlu dilakukan beberapa analisa sebagai berikut:

1. Analisa Hidrologi
 - a. Analisa hujan rencana:
 - Analisa distribusi statistik.
 - Analisa uji kecocokan distribusi.
 - b. Analisa debit hidrologi:
 - Perhitungan C gabungan.
 - Perhitungan intensitas hujan.
2. Analisa Hidrolika
 - a. Analisa kapasitas saluran berdasarkan debit hidrolika yang direncanakan.
 - b. Penentuan dimensi saluran dengan memperhatikan debit maksimum.

3. Analisa Backwater

Backwater terjadi ketika tinggi permukaan air laut lebih besar daripada tinggi permukaan air di muara aliran saluran. Hal ini menyebabkan air laut masuk ke saluran dan menyebabkan banjir.

4. Perencanaan pompa dan boezem.

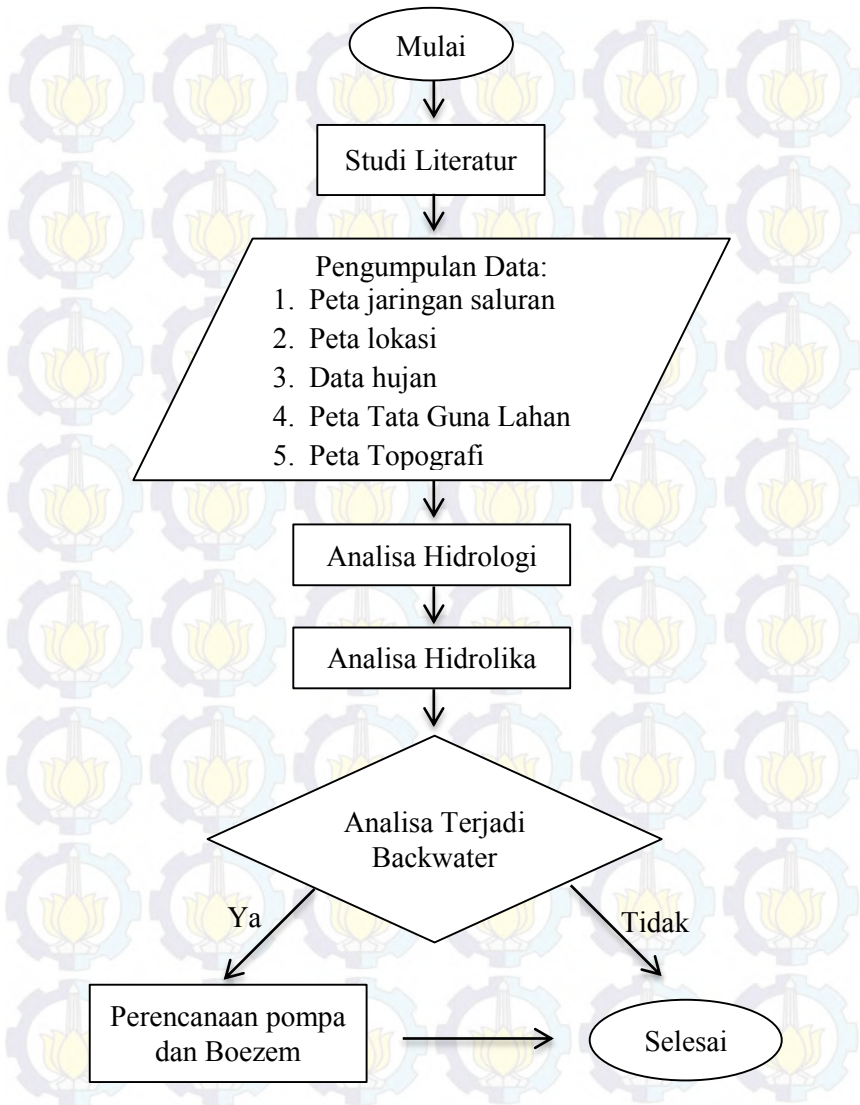
Perencanaan ini dilakukan ketika terjadi backwater pada muara saluran.

3.4. Kesimpulan dan Saran

Mendapatkan kesimpulan akhir berupa perencanaan sistem drainase, dimensi saluran, dan perencanaan boezem jika diperlukan.

3.5. Langkah Pengerjaan

Langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat dalam bentuk diagram alir dibawah ini:

Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Primer

Berikut data primer yang sudah diolah agar memudahkan dalam penginputan data pada proses - proses selanjutnya. Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3 untuk DAS Kali Kenjeran. Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6 untuk DAS Kali Kepiting.

Tabel 4.1 Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran

Nama Saluran	Kode	Panjang (m)	Outlet
Sal. Kenjeran Selatan 1	T1	577.83	S1a
Sal. Lebo Agung 2	T2	313.62	S1b
Sal. Lebak Arum Barat	T3	1104.54	S1c
Sal. Kenjeran Utara 1	T4	662.94	P1a
Sal. Lebak Arum 1	T5	243.23	S2a
Sal. 714002	T6	158.74	S2a
Sal. Lebak Arum 5	T7	246.87	S2b
Sal. 711802	T8	253.53	S2b
Sal. Karang Asem Barat	T9	389.1	S2c
Sal. Karang Asem Timur	T10	274.26	S2c
Sal. Kenjeran Utara 2	T11	521.89	P1b
Sal. Pandan Sari Barat	T12	134.68	S3a
Sal. Pandan Sari Timur	T13	275.21	S3a
Sal. 801900	T14	216.49	S4a
Sal. Kalijudan Madya	T15	214.91	S4b
Sal. 800002	T16	96.48	S4b
Sal. Kalijudan Asri	T17	164.8	S3c
Sal. Ploso Timur 4	T18	294.92	S5a
Sal. Ploso Timur 1	T19	771.01	S5b
Sal. Karang Asem 11	T20	331.2	S5c
Sal. Karang Asem 4	T21	325.47	S5d
Sal. Karang Empat 5	T22	201.33	S5e

Sal. Karang Asem 2	T23	278.83	S5e
Sal. Kalijudan Barat 2	T24	226.13	S3f
Sal. Kalijudan Barat 1	T25	250.11	S3g
Sal. Kenjeran Utara 3	T26	511.33	P1d
Sal. Kenjeran Utara 4	T27	174.99	P1e
Sal. Kenjeran Timur	T28	466.92	S6a
Sal. Kol. Udara Sukardi	T29	512.73	S6b
Sal. Wiratno 3	T30	257.87	S6e
Sal. Wiratno 2	T31	530.75	S6f
Sal. Burhanudin Saman	T32	810.62	S6f
Sal. Wiratno 1	T33	229.71	S6f
Sal. 214000A	T34	61.22	S6g
Sal. 212000	T35	57.05	S7c
Sal. 214000	T36	194.96	S7d

Tabel 4.2 Saluran Sekunder dan Primer DAS Kali Kenjeran

Kode	Panjang (m)	Outlet	Kode	Panjang (m)	Outlet
S1a	204.88	S1b	S5e	546.20	S5b
S1b	108.24	S1c	S6a	39.77	P1f
S1c	270.35	P1a	S6b	75.83	S6a
S2a	57.35	P1a	S6c	573.23	S6b
S2b	196.83	S2a	S6d	190.24	S6c
S2c	366.38	S2b	S6e	157.22	S6d
S3a	31.44	P1c	S6f	21.49	S6e
S3b	514.23	S3a	S6g	586.50	S6c
S3c	849.81	S3b	S7a	683.17	P1g
S3d	177.37	S3c	S7b	155.75	P7a
S3e	263.15	S3d	S7c	431.26	P7b
S3f	288.60	S3e	S7d	143.96	P7c
S3g	96.96	S3f	P1a	524.79	P1b
S4a	83.76	S3b	P1b	435.76	P1c
S4b	218.75	S4a	P1c	141.31	P1d

S5a	615.56	S3e	P1d	208.65	P1e
S5b	323.91	S5a	P1e	523.46	P1f
S5c	109.13	S5b	P1f	50.28	P1g
S5d	125.10	S5c	P1g	989.97	Laut

Tabel 4.3 Sub DAS Kali Kenjeran

Sub-DAS	Kode	Luas (km ²)	Outlet	Sub-DAS	Kode	Luas (km ²)	Outlet
750001	A1	0.128	T1	604180	A24	0.032	T24
750002	A2	0.092	T2	602650	A25	0.057	T25
751000	A3	0.075	T3	108001	A26	0.088	T26
100000	A4	0.102	T4	112000	A27	0.068	T27
714001	A5	0.048	T5	801301	A28	0.089	T28
714002	A6	0.055	T6	801302	A29	0.089	T29
711801	A7	0.099	T7	850004	A30	0.015	T30
711802	A8	0.049	T8	850003	A31	0.094	T31
709411	A9	0.111	T9	850001	A32	0.136	T32
709412	A10	0.081	T10	850002	A33	0.040	T33
104000	A11	0.077	T11	214000A	A34	0.085	T34
108002	A12	0.060	T12	212000	A35	0.040	T35
108003	A13	0.047	T13	214000	A36	0.012	T36
801900	A14	0.153	T14	610000	B1	0.168	S3d
800001	A15	0.080	T15	503360	B2	0.010	S5b
800002	A16	0.109	T16	502401	B3	0.110	S5b
612000	A17	0.077	T17	500002	B4	0.027	S5d
505740	A18	0.192	T18	806210	B5	0.098	S6c
502402	A19	0.071	T19	900002	B6	0.047	S6c
501500	A20	0.074	T20	900001	B7	0.033	S6d
500001	A21	0.140	T21	205440	B8	0.037	S7a
450001	A22	0.055	T22	208000	B9	0.046	S7b
450002	A23	0.147	T23				

Tabel 4.4 Saluran Tersier DAS Kali Kepiting

Nama Saluran	Kode	Panjang (m)	Outlet
Sal. Kedung Sroko	T37	295.7	P2b
Sal. Pacar Kembang 3	T38	511.06	S8
Sal. Pacar Kembang 9	T39	426.33	S8
Sal. Pacar Kembang 5	T40	618.83	S8
Sal. Perumahan Kali Kepiting	T41	182.63	P2c
Sal. Mojo Langru Lor	T42	325.54	P2d
Sal. Dharma Husada Utara 4A	T43	276.1	P2e
Sal. Perumahan ITS Barat	T44	252.78	P2e
Sal. Kalijudan Barat	T45	287.4	P2e
Sal. Dharma Husada Utara	T46	296.48	P2f
Sal. Dharma Husada Utara 2	T47	267.88	P2g
Sal. 454440A	T48	97.82	S9a
Sal. 454440B	T49	156.44	S9a
Sal. 454000	T50	107.02	S9b
Sal. Bronggalan 2	T51	404.83	S9c
Sal. Mojoarum	T52	198.86	P2h
Sal. Kalijudan Indah Selatan	T53	344.71	S10b
Sal. Dharma Husada Indah 13	T54	202.03	S11a
Sal. Mulyorejo Tengah	T55	293.25	S11b
Sal. Mulyorejo Barat	T56	431.49	S11c
Sal. Dharma Husada Indah	T57	328.31	S11c
Sal. Dr Moestopo	T58	466.68	S11d
Sal. 404000	T59	99.43	S11e
Sal. Bhakti Husada	T60	683.56	S11f
Sal. 402002	T61	151.3	S11f
Sal. PALDAM 5 Brawijaya	T62	452.29	P2l
Sal. Kampus C Unair	T63	313.92	S12b
Sal. Sutorejo Utara 6	T64	600.17	S13c
Sal. Sutorejo Selatan	T65	747.92	S13d
Sal. Sutorejo Prima Tengah 1	T66	354.09	S13a

Sal. Sutorejo Prima Tengah 2	T67	365.38	S13a
Sal. Babatan Pantai Timur	T68	312.74	S14a
Sal. Babatan Pantai Barat 3	T69	284.53	S15a
Sal. Kalijudan 6	T70	647.7	S15c
Sal. Kalijudan Indah Utara	T71	344.71	S15c
Sal. Kalijudan Timur	T72	341.02	S15c
Sal. Babatan Permai Utara 9	T73	280.3	S14c
Sal. Babatan Permai (TIMUR)	T74	440.2	S14d
Sal. Babatan Permai (SELATAN)	T75	358.21	S14d
Sal. Babatan Pantai 3	T76	425.58	S14d
Sal. Raya Mulyosari 1	T77	892.48	P2q
Sal. Raya Mulyosari 2	T78	484.97	P2q
Sal. Babatan Pantai 6	T79	288.54	S16b
Sal. Mulyosari Timur	T80	688.65	P2r
Sal. Mulyosari Prima 1	T81	587.27	S17a
Sal. Mulyosari BPD	T82	665.4	S17b
Sal. Bhaskara Selatan	T83	336.02	S17c
Sal. Laguna Indah Utara 1	T84	481.29	P2t
Sal. Laguna Indah Utara 2	T85	497.48	P2u
Sal. Laguna Indah Selatan	T86	1049.96	P2u

Tabel 4.5 Saluran Sekunder dan Primer DAS Kali Kepiting

Kode	Panjang (m)	Outlet	Kode	Panjang (m)	Outlet
S8	264.44	P2b	S16b	577.15	S16a
S9a	846.84	P2g	S16c	315.00	S16b
S9b	96.87	S9a	S17a	319.97	P2t
S9c	353.39	S9b	S17b	223.94	S17a
S10a	125.26	P2j	S17c	399.46	S17b
S10b	253.43	S10a	P2a	334.91	P2b
S10c	234.50	S10b	P2b	264.78	P2c
S11a	267.87	P2k	P2c	135.39	P2d
S11b	101.04	S11a	P2d	316.21	P2e

S11c	451.76	S11b	P2e	153.89	P2f
S11d	617.99	S11c	P2f	129.78	P2g
S11e	237.89	S11d	P2g	357.75	P2h
S11f	231.00	S11e	P2h	197.74	P2i
S12a	601.43	P2m	P2i	110.18	P2j
S12b	145.88	S12a	P2j	174.75	P2k
S13a	150.39	P2o	P2k	54.43	P2l
S13b	552.61	S13a	P2l	826.85	P2m
S13c	349.68	S13b	P2m	328.76	P2n
S13d	282.25	S13c	P2n	257.70	P2o
S14a	118.03	P2p	P2o	187.65	P2p
S14b	141.65	S14a	P2p	113.48	P2q
S14c	102.93	S14b	P2q	297.93	P2r
S14d	161.71	S14c	P2r	397.91	P2s
S15a	301.21	S14b	P2s	227.44	P2t
S15b	296.18	S15a	P2t	75.34	P2u
S15c	241.27	S15b	P2u	315.11	Laut
S16a	369.53	P2s			

Tabel 4.6 Sub DAS Kali Kepiting

Sub-DAS	Kode	Luas (km ²)	Outlet	Sub-DAS	Kode	Luas (km ²)	Outlet
106830	A37	0.048	T37	750001B	A75	0.053	T75
302002	A38	0.098	T38	750002	A76	0.049	T76
302001	A39	0.070	T39	142001	A77	0.082	T77
302003	A40	0.099	T40	142002	A78	0.143	T78
110001	A41	0.105	T41	203000	A79	0.081	T79
110002	A42	0.065	T42	145150	A80	0.116	T80
114003	A43	0.082	T43	810000	A81	0.216	T81
114001	A44	0.021	T44	807000	A82	0.184	T82
114002	A45	0.020	T45	803001	A83	0.075	T83
116002	A46	0.059	T46	150002	A84	0.122	T84
117000	A47	0.143	T47	150001	A85	0.195	T85

454440A	A48	0.044	T48	150004	A86	0.725	T86
454440B	A49	0.042	T49	100250	B10	0.029	P2a
454000	A50	0.029	T50	103600	B11	0.019	P2a
450001	A51	0.099	T51	458000	B12	0.119	P2e
120002	A52	0.100	T52	116001	B13	0.046	P2g
692001	A53	0.086	T53	456000	B14	0.073	S9a
419720	A54	0.060	T54	450002	B15	0.028	S9c
418720	A55	0.148	T55	120001	B16	0.067	P2i
413001	A56	0.054	T56	692002	B17	0.105	S10a
413002	A57	0.028	T57	699000	B18	0.085	S10b
407000	A58	0.038	T58	694000	B19	0.140	S10c
404000	A59	0.073	T59	503500	B20	0.498	S12a
402001	A60	0.092	T60	500002	B21	0.170	S12b
402002	A61	0.026	T61	606000	B22	0.029	S13b
128000	A62	0.103	T62	603000	B23	0.151	S13c
500001	A63	0.132	T63	137870	B24	0.034	P2n
600002	A64	0.123	T64	710002	B25	0.043	S14b
600001	A65	0.174	T65	705801	B26	0.031	S15a
612211	A66	0.087	T66	705803	B27	0.116	S15a
612212	A67	0.076	T67	708000	B28	0.079	S15a
710001	A68	0.083	T68	703002	B29	0.119	S15b
705802	A69	0.087	T69	703001	B30	0.024	S15c
700001	A70	0.151	T70	204650	B31	0.035	S16c
700002	A71	0.076	T71	210001	B32	0.050	S16a
700003	A72	0.157	T72	210002	B33	0.064	S16a
709000	A73	0.031	T73	150003	B34	0.094	P2t
750001A	A74	0.066	T74	803002	B35	0.046	S17c

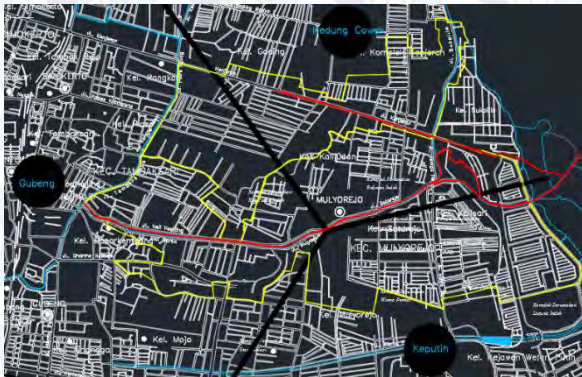
4.2. Analisa Hidrologi

Analisa Hidrologi dilakukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi di wilayah DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran Surabaya. Hasil yang diperoleh dari analisa hidrologi ini adalah besarnya debit rencana untuk perencanaan dimensi saluran. Data yang diperlukan untuk menentukan besarnya debit rencana

diperoleh dari data hujan di stasiun - stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Kali kepiting dan Kali Kenjeran.

4.2.1. Analisa Data Hujan

Dalam pelaksanaan analisa data hujan, langkah pertama yang dilakukan adalah mengolah data hujan dari stasiun - stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran. Untuk mengetahui stasiun - stasiun hujan yang berpengaruh dilakukan dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen. Dapat dilihat pada Gambar 4.1, stasiun - stasiun hujan yang berpengaruh adalah Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Gubeng, dan Stasiun Hujan Keputih.



Gambar 4.1 Poligon Thiessen DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran

Metode Poligon Thiessen memperhitungkan faktor pembobot (*weighting factor*) atau disebut koefisien Thiessen yang merupakan perbandingan antara luas daerah pengaruh satu stasiun hujan dengan luas DAS keseluruhan. Besarnya luas pengaruh stasiun beserta koefisien Thiessen (W) dari masing - masing stasiun hujan terdapat dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Koefisien Thiessen (W)

Stasiun Hujan	Luas pengaruh stasiun (m ²)	Koefisien Thiessen (W)
Kedung Cowek	3.000.539,653	0,269
Gubeng	4.043.648,498	0,363
Keputih	4.092.577,256	0,367
LUAS TOTAL	11.136.765,406	

(Sumber: Hasil perhitungan)

Langkah selanjutnya adalah mencari curah hujan harian maksimum dari masing - masing stasiun. Curah hujan maksimum pada Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Gubeng, dan Stasiun Hujan Keputih dapat dilihat pada Tabel 4.8, Tabel 4.9, dan Tabel 4.10.

Tabel 4.8 Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Kedung Cowek

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
2005	46	42	52	20	12	15	39	10	0	30	28	64
2006	71	62	54	60	15	3	0	0	0	0	0	72
2007	59	45	64	10	14	12	0	0	0	0	0	56
2008	84	48	45	0	12	0	0	0	0	17	52	63
2009	63	43	59	39	45	51	0	0	0	0	41	100
2010	70	122	55	48	45	25	30	18	25	42	18	123
2011	31	30	73	70	40	50	0	0	0	10	79	43
2012	50	42	23	26	17	7	0	0	0	9	19	51
2013	46	40	49	61	36	53	61	0	0	0	24	73
2014	45	61	57	42	21	19	3	0	0	0	17	62

(Sumber: Dinas Pengairan Surabaya)

Tabel 4.9 Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Gubeng

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
2005	63	88	89	37	31	60	79	46	5	26	16	89
2006	106	96	61	44	38	6	0	0	0	0	11	88
2007	39	79	101	9	39	74	6	0	0	0	15	104
2008	92	47	80	23	66	0	0	0	0	46	67	98
2009	59	75	60	43	53	73	0	0	0	0	86	57
2010	65	83	60	60	3	22	28	25	37	62	22	106
2011	41	42	78	74	37	0	6	0	0	21	81	58
2012	69	60	25	24	21	14	0	0	0	24	30	68
2013	99	48	79	90	87	51	65	0	0	0	47	99
2014	54	78	78	45	24	24	24	0	0	0	24	109

(Sumber: Dinas Pengairan Surabaya)

Tabel 4.10 Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Keputih

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
2005	50	47	78	23	44	30	45	20	0	20	26	110
2006	140	57	60	58	30	5	0	0	0	0	0	80
2007	75	50	55	20	17	15	0	0	0	0	84	127
2008	86	90	50	0	15	0	0	0	0	33	75	60
2009	120	50	84	15	25	50	0	0	0	0	16	50
2010	40	46	52	35	35	25	9	10	25	46	46	90
2011	26	47	30	54	31	0	0	0	0	23	78	57
2012	85	67	35	30	24	0	0	0	0	4	47	64
2013	66	50	53	80	70	52	65	0	0	0	30	62
2014	65	70	67	60	0	0	0	0	0	0	30	134

(Sumber: Dinas Pengairan Surabaya)

Dari Tabel 4.8, Tabel 4.9, dan Tabel 4.10 di atas, diperoleh curah hujan maksimum tahunan dari tiap stasiun. Hasil rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Curah Hujan Tahunan
Maksimum tiap Stasiun

Tahun	Kedung Cowek (mm)	Gubeng (mm)	Keputih (mm)
2005	64	89	110
2006	72	106	140
2007	64	104	127
2008	84	98	90
2009	100	86	120
2010	123	106	90
2011	79	81	78
2012	51	69	85
2013	73	99	80
2014	62	109	134

(Sumber: Dinas Pengairan Surabaya)

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan curah hujan rata - rata dengan cara mengalikan Koefisien Thiessen dengan curah hujan maksimum pada masing - masing stasiun hujan. Kemudian hasil dari perkalian tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan hujan rata - rata. Karena terdapat tiga stasiun hujan yang berpengaruh terhadap DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran, maka dilakukan perhitungan sebanyak tiga kali.

Perhitungan pertama dilakukan dengan mangacu kepada curah hujan maksimum Stasiun Hujan Kedung Cowek yang terdapat pada Tabel 4.12. Perhitungan kedua dilakukan dengan mangacu kepada curah hujan maksimum Stasiun Hujan Gubeng yang terdapat pada Tabel 4.13. Perhitungan ketiga dilakukan dengan mangacu kepada curah hujan maksimum Stasiun Hujan Keputih yang terdapat pada Tabel 4.14.

Contoh perhitungan yang mengacu kepada curah hujan maksimum Stasiun Hujan Kedung Cowek pada tahun 2005:

Pada tahun 2005 Stasiun Hujan Kedung Cowek didapatkan nilai hujan maksimum sebesar 64 mm. Kemudian pada tanggal yang sama (15 Desember) diambil nilai curah hujan pada Stasiun Hujan Gubeng dan Stasiun Hujan Keputih, yaitu sebesar 31 mm dan 110 mm. Nilai inilah yang dipakai untuk perhitungan yang mengacu kepada Stasiun Hujan Kedung Cowek. Sama halnya dengan perhitungan dengan acuan Stasiun Hujan Gubeng maupun Stasiun Hujan Keputih. Diambil nilai yang sama tanggalnya dengan mengacu pada stasiun hujan yang dijadikan acuan.

Tabel 4.12 Perhitungan Hujan Rata - Rata berdasarkan Stasiun Hujan Kedung Cowek

Tanggal	Tahun	Kedung Cowek		Gubeng		Keputih		R_{tot} (mm)
		R_1	$W_1 \times R_1$	R_2	$W_2 \times R_2$	R_3	$W_3 \times R_3$	
15 Des	2005	64	17.243	31	11.256	110	40.423	68.922
30 Des	2006	72	19.399	88	31.952	80	29.399	80.749
31 Mar	2007	64	17.243	70	25.416	0	0	42.660
16 Jan	2008	84	22.632	92	33.404	86	31.604	87.640
5 Des	2009	100	26.943	13	4.720	0	0	31.663
3 Des	2010	123	33.139	106	38.488	90	33.074	104.701
9 Nov	2011	79	21.285	81	29.410	78	28.664	79.359
27 Des	2012	51	13.741	68	24.690	64	23.519	61.950
13 Des	2013	73	19.668	0	0	0	0	19.668
6 Des	2014	62	16.704	61	22.148	10	3.675	42.528

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.13 Perhitungan Hujan Rata - Rata
berdasarkan Stasiun Hujan Gubeng

Tanggal	Tahun	Kedung Cowek		Gubeng		Keputih		R _{tot} (mm)
		R ₁	W ₁ x R ₁	R ₂	W ₂ x R ₂	R ₃	W ₃ x R ₃	
8 Mar	2005	52	14.010	89	32.315	78	28.664	74.989
14 Jan	2006	50	13.471	106	38.488	80	29.399	81.358
18 Des	2007	48	12.932	104	37.761	50	18.374	69.068
14 Des	2008	37	9.969	98	35.583	35	12.862	58.414
28 Nov	2009	30	8.083	86	31.226	16	5.880	45.188
3 Des	2010	123	33.139	106	38.488	90	33.074	104.701
9 Nov	2011	79	21.285	81	29.410	78	28.664	79.359
1 Jan	2012	50	13.471	69	25.053	72	26.459	64.983
2 Jan	2013	43	11.585	99	35.946	30	11.025	58.556
19 Des	2014	45	12.124	109	39.577	134	49.243	100.944

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.14 Perhitungan Hujan Rata - Rata
berdasarkan Stasiun Hujan Keputih

Tanggal	Tahun	Kedung Cowek		Gubeng		Keputih		R _{tot} (mm)
		R ₁	W ₁ x R ₁	R ₂	W ₂ x R ₂	R ₃	W ₃ x R ₃	
15 Des	2005	64	17.243	31	11.256	110	40.423	68.922
4 Jan	2006	71	19.129	65	23.601	140	51.448	94.178
17 Des	2007	0	0	0	0	127	46.670	46.670
25 Feb	2008	48	12.932	11	3.994	90	33.074	50.000
9 Jan	2009	51	13.741	58	21.059	120	44.098	78.898
3 Des	2010	123	33.139	106	38.488	90	33.074	104.701
9 Nov	2011	79	21.285	81	29.410	78	28.664	79.359
30 Jan	2012	57	15.357	25	9.077	85	31.236	55.671
23 Apr	2013	61	16.435	90	32.678	80	29.399	78.512
19 Des	2014	45	12.124	109	39.577	134	49.243	100.944

(Sumber: Hasil perhitungan)

Berdasarkan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.12, Tabel 4.13, dan Tabel 4.14 diperoleh nilai curah hujan rata - rata sesuai dengan masing - masing acuannya. Nilai curah hujan rata - rata ini selanjutnya dibandingkan satu sama lain untuk kemudian diambil nilai yang terbesar atau maksimum tiap tahunnya. Nilai curah hujan rata - rata maksimum (R_{\max}) inilah yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Curah hujan rata - rata maksimum tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Curah Hujan Rata - Rata Maksimum

Tahun	R_{tot} (mm)			R_{\max} yang diambil
	Kedung Cowek	Gubeng	Keputih	
2005	68.922	74.989	68.922	74.989
2006	80.749	81.358	94.178	94.178
2007	42.660	69.068	46.670	69.068
2008	87.640	58.414	50.000	87.640
2009	31.663	45.188	78.898	78.898
2010	104.701	104.701	104.701	104.701
2011	79.359	79.359	79.359	79.359
2012	61.950	64.983	55.671	64.983
2013	19.668	58.556	78.512	78.512
2014	42.528	100.944	100.944	100.944

(Sumber: Hasil perhitungan)

4.2.2. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai hujan rencana. Analisa ini menggunakan teori *probability distribution* seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II, antara lain Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel Tipe I. Secara sistematis

perhitungan hujan rencana dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

1. Penentuan paramater statistik

Parameter statistik yang digunakan meliputi parameter nilai rata - rata (\bar{X}), simpangan baku (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck). Hasil dari parameter statistik ini sangat penting untuk mengetahui sifat dari distribusi yang akan dipakai.

Untuk mempermudah perhitungan, nilai R_{\max} diurutkan terlebih dahulu dari nilai terbesar sampai nilai terkecil. Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.16 untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I. Parameter statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I

No	Tahun	R_{\max} (mm)	$R_m - R_r$	$(R_m - R_r)^2$	$(R_m - R_r)^3$	$(R_m - R_r)^4$
1	2010	104.701	21.362	456.348	9748.633	208253.186
2	2014	100.944	17.606	309.956	5456.955	96072.819
3	2006	94.178	10.840	117.497	1273.620	13805.529
4	2008	87.640	4.301	18.503	79.588	342.347
5	2011	79.359	-3.980	15.837	-63.022	250.798
6	2009	79.010	-4.329	18.737	-81.103	351.063
7	2013	78.512	-4.826	23.294	-112.428	542.627
8	2005	74.989	-8.349	69.711	-582.040	4859.639
9	2007	69.068	-14.270	203.639	-2905.970	41468.809
10	2012	64.983	-18.355	336.901	-6183.781	113502.515
TOTAL		833.382		1570.422	6630.451	479449.332
Rr		83.338				

(Sumber: Hasil perhitungan)

$$\bar{X} = \frac{833,382}{10} = 83,338$$

$$Sd = \sqrt{\frac{1570,422}{10 - 1}} = 13,210$$

$$Cv = \frac{13,210}{83,338} = 0,159$$

$$Cs = \frac{10 \times 6630,451}{(10 - 1)(10 - 2) 13,210^3} = 0,400$$

$$Ck = \frac{10^2 \times 479449,332}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3) 13,210^4} = 3,124$$

Tabel 4.17 Perhitungan Parameter Statistik untuk
Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Tahun	R _{maks} (mm)	Log R	Log (R-R _{rata})	Log (R-R _{rata}) ²	Log (R-R _{rata}) ³	Log (R-R _{rata}) ⁴
1	2010	104.701	2.020	0.104	1.08E-02	1.12E-03	1.17E-04
2	2014	100.944	2.004	0.088	7.76E-03	6.83E-04	6.02E-05
3	2006	94.178	1.974	0.058	3.36E-03	1.95E-04	1.13E-05
4	2008	87.640	1.943	0.027	7.13E-04	1.90E-05	5.09E-07
5	2011	79.359	1.900	-0.016	2.69E-04	-4.41E-06	7.24E-08
6	2009	79.010	1.898	-0.018	3.35E-04	-6.14E-06	1.13E-07
7	2013	78.512	1.895	-0.021	4.44E-04	-9.34E-06	1.97E-07
8	2005	74.989	1.875	-0.041	1.68E-03	-6.89E-05	2.83E-06
9	2007	69.068	1.839	-0.077	5.89E-03	-4.52E-04	3.46E-05
10	2012	64.983	1.813	-0.103	1.06E-02	-1.10E-03	1.13E-04
TOTAL			19.160		4.19E-02	3.81E-04	3.40E-04
Rr			1.916				

(Sumber: Hasil perhitungan)

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{19,160}{10} = 1,916$$

$$S_d = \sqrt{\frac{4,19 \cdot 10^{-2}}{10 - 1}} = 0,068$$

$$C_v = \frac{0,068}{1,916} = 0,036$$

$$C_s = \frac{10 \times 3,81 \cdot 10^{-4}}{(10 - 1)(10 - 2) 0,068^3} = 0,167$$

$$C_k = \frac{10^2 \times 3,40 \cdot 10^{-4}}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3) 0,068^4} = 3,113$$

2. Pemilihan jenis distribusi

Hasil perhitungan parameter statistik yang telah diperoleh akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai. Pemilihan distribusi yang sesuai dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 0.400$ $C_k = 3.124$	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$		
Gumbel Tipe I	$C_s \leq 1.1396$	$C_s = 0.167$ $C_k = 3.113$	Memenuhi
	$C_k \leq 5.4002$		
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$	$C_s = 0.167$ $C_k = 3.113$	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.383$		
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$		Memenuhi

(Sumber: Hasil perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat disimpulkan bahwa distribusi yang memenuhi adalah Distribusi Gumbel Tipe I dan Distribusi Log Pearson Tipe III. Langkah terakhir dalam analisa frekuensi adalah perhitungan untuk mendapatkan hujan rencana. Namun sebelum menghitung hujan rencana, terlebih dahulu dilakukan uji kecocokan distribusi. Uji kecocokan dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antara besarnya debit maksimum tahunan hasil pengamatan lapangan dengan hasil perhitungan.

4.2.3. Uji Kecocokan

Terdapat dua jenis distribusi yang memenuhi syarat dalam Tugas Akhir ini. Dari dua jenis distribusi tersebut, hanya satu yang digunakan untuk perhitungan hujan rencana. Jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi yang menghasilkan perhitungan paling akurat dibanding jenis distribusi lainnya. Untuk menentukan tingkat keakuratan suatu jenis distribusi, maka dilakukan perhitungan uji kecocokan.

Uji kecocokan yang dilakukan adalah Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov.

1. Uji Chi Kuadrat

Berdasarkan Sub Bab 2.1.3, Uji Chi Kuadrat dilakukan sebagai berikut:

$$K = 1 + (3.322 \times (\log 10)) = 5$$

$$D_k = 5 - 2 - 1 = 2$$

$$E_i = 10 / 5 = 2$$

Dari Tabel 2.6, derajat kepercayaan diambil 5%, maka $X_{kr} = 5,991$

- Distribusi Gumbel

Rentang nilai kelas

$$R = n_{\max} - n_{\min} = 104,701 - 64,983 = 39,718$$

$$i = R / K = 39,718 / 5 = 7,944$$

Tabel 4.19 Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Gumbel Tipe I

No	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		Oi - Ei	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
			Oi	Ei		
1	64.983	72.927	2	2	0	0
2	72.927	80.870	4	2	2	2
3	80.870	88.814	1	2	-1	0.5
4	88.814	96.757	1	2	-1	0.5
5	96.757	104.701	2	2	0	0
Total			10		$X_h^2 =$	3
					$X_{kr} =$	5.991
						OK !

(Sumber: Hasil perhitungan)

- Distribusi Log Pearson

Rentang nilai kelas

$$R = n_{\max} - n_{\min} = 2,020 - 1,813 = 0,207$$

$$i = R / K = 0,207 / 5 = 0,041$$

Tabel 4.20 Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		Oi - Ei	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
			Oi	Ei		
1	1.8128	1.8542	2	2	0	0
2	1.8542	1.8957	2	2	0	0
3	1.8957	1.9371	2	2	0	0
4	1.9371	1.9785	1	2	-1	0.5
5	1.9785	2.0200	3	2	1	0.5
Total			10		$X_h^2 =$	1
					$X_{kr} =$	5.991
						OK !

(Sumber: Hasil perhitungan)

Berdasarkan Uji Chi Kuadrat diatas, didapat Distribusi Gumbel Tipe I maupun Distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi. Namun bisa dilihat nilai X_n^2 nya lebih kecil Distribusi Log Pearson Tipe III dibandingkan dengan Distribusi Gumbel Tipe I. Maka Distribusi Log Pearson Tipe III yang diambil untuk Uji Chi Kuadrat.

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel Tipe I dapat dilihat pada Tabel 4.21 sedangkan untuk Distribusi Log Pearson Tipe III pada Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Uji Smirnov Kolmogorov
Distribusi Gumbel Tipe I

R (mm)	m	$P(x) = \frac{m}{(n+1)}$	$P(x <)$	$f(t) = \frac{(R-R_r)/S}{S}$	$P'(x)$	$P'(x <)$	D
104.701	1	0.0909	0.9091	1.62	0.0526	0.9474	0.0383
100.944	2	0.1818	0.8182	1.33	0.0918	0.9082	0.0900
94.178	3	0.2727	0.7273	0.82	0.2061	0.7939	0.0666
87.640	4	0.3636	0.6364	0.33	0.3707	0.6293	-0.0071
79.359	5	0.4545	0.5455	-0.30	0.6179	0.3821	-0.1634
79.010	6	0.5455	0.4545	-0.33	0.6293	0.3707	-0.0838
78.512	7	0.6364	0.3636	-0.37	0.6443	0.3557	-0.0079
74.989	8	0.7273	0.2727	-0.63	0.7357	0.2643	-0.0084
69.068	9	0.8182	0.1818	-1.08	0.8599	0.1401	-0.0417
64.983	10	0.9091	0.0909	-1.39	0.9177	0.0823	-0.0086
						$D_{\max} =$	0.090

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.22 Uji Smirnov Kolmogorov
Distribusi Log Pearson Tipe III

Log R (mm)	m	$P(x) = \frac{m}{m+1}$	$P(x <)$	$f(t) = \frac{(R-R_r)}{S}$	$P'(x)$	$P'(x <)$	D
2.0200	1	0.0909	0.9091	1.52	0.0643	0.9357	0.0266
2.0041	2	0.1818	0.8182	1.29	0.0985	0.9015	0.0833
1.9739	3	0.2727	0.7273	0.85	0.1977	0.8023	0.0750
1.9427	4	0.3636	0.6364	0.39	0.3483	0.6517	0.0153
1.8996	5	0.4545	0.5455	-0.24	0.5948	0.4052	-0.1403
1.8977	6	0.5455	0.4545	-0.27	0.6064	0.3936	-0.0609
1.8949	7	0.6364	0.3636	-0.31	0.6217	0.3783	0.0147
1.8750	8	0.7273	0.2727	-0.60	0.7257	0.2743	0.0016
1.8393	9	0.8182	0.1818	-1.12	0.8686	0.1314	-0.0504
1.8128	10	0.9091	0.0909	-1.51	0.9345	0.0655	-0.0254
$D_{\max} =$							0.083

(Sumber: Hasil perhitungan)

Pada Tabel 4.21 diketahui bahwa nilai $D_{\max} = 0,090$. Dengan menggunakan data pada Tabel 2.7 untuk derajat kepercayaan 5%, maka diperoleh nilai $D_o = 0,41$. Karena nilai D_{\max} lebih kecil dari nilai D_o ($0,090 < 0,41$), maka Distribusi Gumbel Tipe I dapat diterima. Kemudian pada Tabel 4.22 didapat nilai $D_{\max} = 0,083$. Karena nilai D_{\max} pada Distribusi Log Pearson Tipe III juga lebih kecil dari nilai D_o ($0,083 < 0,41$), maka dapat disimpulkan Distribusi Log Pearson Tipe III juga dapat diterima. Namun Distribusi yang diambil adalah Distribusi Log Pearson Tipe III karena nilai D_{\max} untuk Distribusi Log Pearson Tipe III lebih kecil daripada D_{\max} untuk Distribusi Gumbel Tipe I.

3. Hasil Uji Kecocokan

Berdasarkan kedua uji diatas, maka dapat disimpulkan sebagaimana pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hasil Uji Kecocokan

Distribusi	Uji Chi Kuadrat			Uji Smirnov Kolmogorov		
	X_h^2	X_{kr}	Ket.	D_{max}	Do	Ket.
Gumbel Tipe I	3	< 5.991	OK	0.090	< 0.41	OK
Log Pearson Tipe III	1	< 5.991	OK	0.083	< 0.41	OK

(Sumber: Hasil perhitungan)

Kesimpulan yang didapat dari Tabel 4.23 bahwa jenis distribusi yang dapat digunakan untuk perhitungan hujan rencana adalah Distribusi Log Pearson Tipe III. Walaupun kedua Distribusi memenuhi untuk kedua uji kecocokan, nilai X_h^2 dan D_{max} Distribusi Log Pearson Tipe III lebih kecil daripada nilai Distribusi Gumbel Tipe I.

4.2.4. Perhitungan Hujan Rencana

Perhitungan hujan rencana dilakukan dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Tipe III sesuai dengan hasil perhitungan pada bab sebelumnya. Berdasarkan Tabel 2.8, periode ulang hujan yang dipakai adalah periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier, periode ulang 5 tahun untuk saluran sekunder dan saluran primer.

Rumus untuk mencari hujan rencana dengan Distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Persamaan 2.8. Berikut perhitungannya:

$$\text{Log}X_2 = 1,916 + (-0,027 \times 0,068)$$

$$\text{Log}X_2 = 1,914$$

$$X_2 = 82,06 \text{ mm} \approx 83 \text{ mm}$$

$$\text{Log}X_5 = 1,916 + (0,469 \times 0,068)$$

$$\text{Log}X_5 = 1,948$$

$$X_5 = 88,73 \text{ mm} \approx 89 \text{ mm}$$

Nilai hujan rencana ini akan digunakan untuk menghitung besarnya tinggi hujan (R_t') pada setiap jam. Asumsi yang diambil untuk lamanya hujan yang terjadi pada DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran adalah selama 4 jam.

Contoh perhitungan untuk periode ulang hujan 2 tahun pada jam ke satu dan jam ke dua:

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{X_2}{t} \times \left(\frac{t}{n}\right)^{\frac{2}{3}} \\
 R_1 &= \frac{83}{4} \times \left(\frac{4}{1}\right)^{\frac{2}{3}} = 52,29 \text{ mm} \\
 R_n' &= n \times R_n - (n-1) \times R_{n-1} \\
 R_1' &= 1 \times 52,29 - (1-1) \times 0 = 52,29 \text{ mm} \\
 R_n &= \frac{X_2}{t} \times \left(\frac{t}{n}\right)^{\frac{2}{3}} \\
 R_2 &= \frac{83}{4} \times \left(\frac{4}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 32,94 \text{ mm} \\
 R_n' &= n \times R_n - (n-1) \times R_{n-1} \\
 R_2' &= 2 \times 32,94 - (2-1) \times 52,29 = 13,59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lengkapnya bisa dilihat pada Tabel 4.24 berikut:

Tabel 4.24 Tinggi Hujan pada Jam ke- t

Rt	PUH		Rt'	PUH	
	2	5		2	5
Jam	mm		Jam	mm	
1	52.29	56.07	1	52.29	56.07
2	32.94	35.32	2	13.59	14.57
3	25.14	26.95	3	9.53	10.22
4	20.75	22.25	4	7.59	8.138

(Sumber: Hasil perhitungan)

4.2.5. Perhitungan SCS Unit Hydrograph

Langkah awal dalam perhitungan SCS UH adalah mencari parameter - parameter nya. Berdasarkan data yang didapat, maka parameter - parameter nya dapat dilihat pada Tabel 4.25 dan Tabel 4.26. Beberapa perhitungan parameter nya bisa dilihat sebagai berikut:

1. Nilai *Impervious* dan CN.

Kedua nilai ini bisa didapatkan pada Tabel 2.9 yang sudah disesuaikan dengan RTRW Surabaya pada DAS Kali Kepiting dan Kali Kenjeran.

2. Nilai Retensi Maksimum (S).

Retensi Maksimum didapat dari Persamaan 2.20. Contoh perhitungan untuk Sub DAS 750001 pada DAS Kali Kenjeran:

$$S = (1000 / 88) - 10 = 1,364$$

3. Nilai rata - rata kemiringan lahan (Y).

Rata - rata kemiringan lahan diambil 0,1% berdasarkan peta topografi.

4. Luas Sub DAS dan Panjang *overland flow*.

Nilai ini didapat dari pengukuran manual pada peta topografi.

5. *Time Lag* (t_L).

Time Lag dihitung berdasarkan Persamaan 2.20. Contoh perhitungan t_L untuk Sub DAS 750001 pada DAS Kali Kenjeran:

$$t_L = \frac{719,42^{0,8} \times (1,364 + 1)^{0,7}}{1900 \times 0,1^{0,5}} = 0,59 \text{ jam}$$

Tabel 4.25 Parameter SCS UH untuk DAS Kali Kenjeran

Sub DAS	Impervious (%)	CN	S	Luas (mil ²)	L (ft)	tL (jam)
750001	95	88	1.364	0.049	719.42	0.59
750002	75	76.8	3.021	0.035	479.84	0.62
751000	95	88	1.364	0.029	299.38	0.29
100000	90	85.2	1.737	0.039	502.37	0.49
714001	81.25	80.3	2.453	0.018	322.02	0.40
714002	77.5	78.2	2.788	0.021	692.16	0.79
711801	75	76.8	3.021	0.038	737.27	0.87
711802	72.5	75.4	3.263	0.019	656.17	0.82
709411	70	74	3.514	0.043	466.28	0.65
709412	71.25	74.7	3.387	0.031	545.57	0.72
104000	92.5	86.6	1.547	0.030	530.58	0.48
108002	82.5	81	2.346	0.023	769.42	0.79

108003	87.5	83.8	1.933	0.018	339.27	0.37
801900	82.5	81	2.346	0.059	780.51	0.80
800001	92.7	86.7	1.534	0.031	763.88	0.65
800002	75	76.8	3.021	0.042	997.67	1.11
612000	70	74	3.514	0.030	376.48	0.55
505740	70	74	3.514	0.074	1067.99	1.27
502402	72.5	75.4	3.263	0.027	406.92	0.56
501500	71.25	74.7	3.387	0.028	364.27	0.52
500001	72.5	75.4	3.263	0.054	702.33	0.87
450001	71.25	74.7	3.387	0.021	444.91	0.62
450002	77.5	78.2	2.788	0.057	831.23	0.92
604180	72.5	75.4	3.263	0.012	267.19	0.40
602650	92.5	86.6	1.547	0.022	284.38	0.29
108001	90	85.2	1.737	0.034	431.63	0.43
112000	71.25	74.7	3.387	0.026	1155.64	1.32
801301	90	85.2	1.737	0.034	1059.55	0.89
801302	92.5	86.6	1.547	0.034	388.02	0.38
850004	71.25	74.7	3.387	0.006	188.15	0.31
850003	72.5	75.4	3.263	0.036	426.02	0.58
850001	80	79.6	2.563	0.052	583.23	0.66
850002	71.25	74.7	3.387	0.015	573.06	0.75
214000A	85	82.4	2.136	0.033	1090.03	1.00
212000	72.5	75.4	3.263	0.016	431.86	0.59
214000	70	74	3.514	0.004	172.54	0.29
610000	73.75	76.1	3.141	0.065	2788.78	2.57
503360	70	74	3.514	0.004	482.91	0.67
502401	77.5	78.2	2.788	0.043	935.70	1.01
500002	82.5	81	2.346	0.010	401.61	0.47
806210	77.5	78.2	2.788	0.038	872.21	0.95
900002	76	77	2.987	0.018	919.00	1.03
900001	71.25	74.7	3.387	0.013	850.98	1.03
205440	96	89.4	1.186	0.014	323.26	0.29
208000	72.5	75.4	3.263	0.018	215.49	0.34

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.26 Parameter SCS UH untuk DAS Kali Kepiting

Sub DAS	Impervious (%)	CN	S	Luas (mil ²)	L (ft)	tL (jam)
106830	75	76.8	3.021	0.019	438.35	0.57
302002	70	74	3.514	0.038	533.07	0.73
302001	71.25	74.7	3.387	0.027	395.67	0.56
302003	70	74	3.514	0.038	518.57	0.71
110001	75	76.8	3.021	0.040	1076.12	1.17
110002	72.5	75.4	3.263	0.025	523.00	0.69
114003	92.5	86.6	1.547	0.032	633.86	0.56
114001	85	82.4	2.136	0.008	514.67	0.55
114002	71.25	74.7	3.387	0.008	273.45	0.42
116002	75	76.8	3.021	0.023	564.24	0.70
117000	72.5	75.4	3.263	0.055	327.79	0.47
454440A	70	74	3.514	0.017	744.91	0.95
454440B	70	74	3.514	0.016	1060.40	1.26
454000	77.5	78.2	2.788	0.011	575.39	0.68
450001	96	86.3	1.587	0.038	1004.66	0.82
120002	71.25	74.7	3.387	0.039	720.57	0.91
692001	71.25	74.7	3.387	0.033	1655.75	1.76
419720	82.5	81	2.346	0.023	533.46	0.59
418720	72	75.2	3.298	0.057	768.86	0.94
413001	73	76.4	3.089	0.021	788.25	0.93
413002	71.25	74.7	3.387	0.011	302.43	0.45
407000	82.5	81	2.346	0.015	381.79	0.45
404000	71.25	74.7	3.387	0.028	133.15	0.23
402001	72	75.2	3.298	0.036	552.40	0.72
402002	70	74	3.514	0.010	582.48	0.78
128000	95	88	1.364	0.040	276.52	0.27
500001	95	88	1.364	0.051	747.89	0.61
600002	76.25	77.5	2.903	0.047	688.12	0.80
600001	70	74	3.514	0.067	902.49	1.11
612211	70	74	3.514	0.034	669.42	0.87

612212	70	74	3.514	0.029	810.28	1.01
710001	72.5	75.4	3.263	0.032	692.85	0.86
705802	70	74	3.514	0.034	950.69	1.15
700001	70	74	3.514	0.058	1244.32	1.43
700002	81.25	80.3	2.453	0.030	584.35	0.65
700003	72.5	75.4	3.263	0.061	757.61	0.92
709000	71.25	74.7	3.387	0.012	755.98	0.94
750001A	71.25	74.7	3.387	0.026	885.89	1.07
750001B	70	74	3.514	0.021	659.38	0.86
750002	70	74	3.514	0.019	437.63	0.62
142001	95	88	1.364	0.032	620.54	0.52
142002	70	74	3.514	0.055	1591.80	1.74
203000	71.25	74.7	3.387	0.031	445.64	0.62
145150	70	74	3.514	0.045	919.10	1.12
810000	70	74	3.514	0.084	1003.18	1.20
807000	70	74	3.514	0.071	839.53	1.04
803001	70	74	3.514	0.029	990.85	1.19
150002	70	74	3.514	0.047	706.99	0.91
150001	71.25	74.7	3.387	0.075	933.33	1.11
150004	70	74	3.514	0.280	2320.77	2.35
100250	82.5	81	2.346	0.011	279.59	0.35
103600	82.5	81	2.346	0.007	314.30	0.39
458000	70	74	3.514	0.046	1148.29	1.34
116001	71.25	74.7	3.387	0.018	916.63	1.10
456000	71.25	74.7	3.387	0.028	921.26	1.10
450002	77.5	78.2	2.788	0.011	662.14	0.76
120001	82.5	81	2.346	0.026	922.60	0.91
692002	70	74	3.514	0.041	1210.47	1.40
699000	90	85.2	1.737	0.033	693.27	0.63
694000	75	76.8	3.021	0.054	1003.84	1.11
503500	95	88	1.364	0.192	1341.67	0.97
500002	95	88	1.364	0.066	1270.18	0.92
606000	70	74	3.514	0.011	657.02	0.86
603000	70	74	3.514	0.058	2091.01	2.17

137870	82.5	81	2.346	0.013	197.21	0.27
710002	71.25	74.7	3.387	0.017	699.44	0.88
705801	70	74	3.514	0.012	370.34	0.54
705803	77.5	78.2	2.788	0.045	607.81	0.71
708000	75	76.8	3.021	0.030	753.35	0.88
703002	70	74	3.514	0.046	1298.52	1.48
703001	70	74	3.514	0.009	362.34	0.53
204650	70	74	3.514	0.014	429.13	0.61
210001	70	74	3.514	0.019	840.75	1.05
210002	70	74	3.514	0.025	448.36	0.63
150003	71.25	74.7	3.387	0.036	635.73	0.82
803002	70	74	3.514	0.018	960.76	1.16

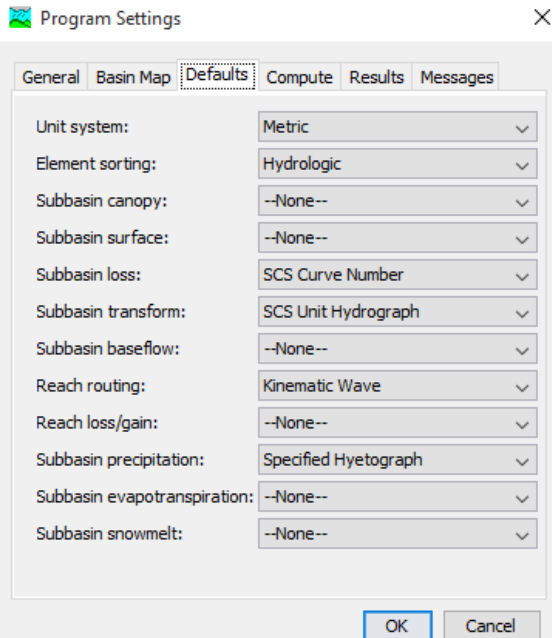
(Sumber: Hasil perhitungan)

4.3. Perhitungan Debit dengan Program Bantu HEC-HMS

Analisa debit pada DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting dengan program bantu (HEC-HMS maupun HEC-RAS) akan dilakukan dengan *file* yang berbeda atau dengan kata lain dipisah perhitungan debitnya. Pengaturan - pengaturan awal yang harus dilakukan pada HEC-HMS adalah sebagai berikut:

1. Program Settings

Pada *Menu bar* klik *Tools* → *Program Settings*. Kemudian akan muncul *window* baru, klik pada *tab Defaults*. Selanjutnya ubah pengaturan seperti pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 *Program Settings* HEC-HMS

Subbasin loss : parameter untuk mengetahui nilai volume limpasan efektif dengan menginput nilai *impervious* dan CN.

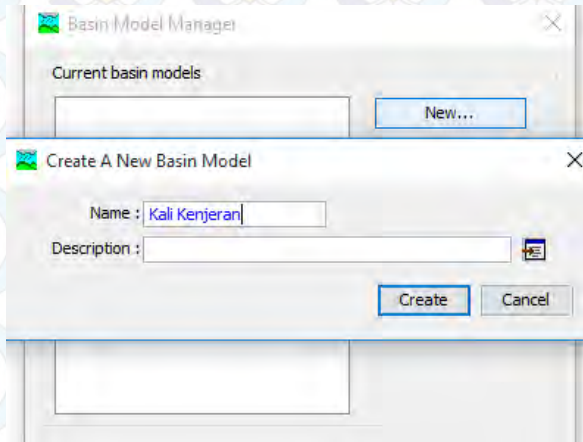
Subbasin transform : parameter untuk mentransformasikan nilai hujan rencana menjadi volume limpasan.

Subbasin baseflow : nilai *baseflow* pada saluran. Pada perhitungan HEC-HMS tidak diperlukan. *Baseflow* akan di input pada analisa hidrolika dengan program HEC-RAS.

Reach Routing : untuk menganalisa penelusuran aliran - aliran dari hulu sampai hilir.

2. *Basin Model Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Basin Model Manager*. Pilih *new* dan tulis nama *DAS* kemudian klik *Create* seperti Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 *Basin Model Manager*

3. *Meteorologic Model Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Meteorologic Model Manager*. Pilih *new* kemudian klik *Create*.

4. *Control Specifications Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Control Specifications Manager*. Pilih *new* kemudian klik *Create*.

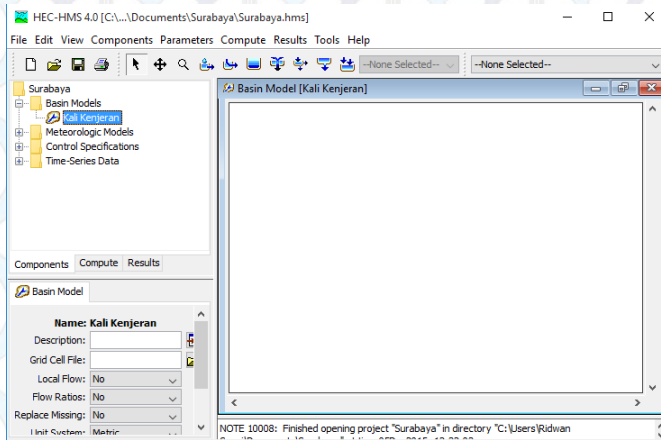
5. *Time-Series Data Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Time-Series Data Manager*. *Data Type* dipilih *Precipitation Gages*, klik *new* kemudian klik *Create*.

4.3.1. *Skema Saluran pada Basin Model*

Langkah pertama adalah membuat skema saluran pada *Basin Model*. Pada *window* utama disebelah kiri layar, klik *Basin Models* kemudian klik dua kali pada *Kali Kenjeran* maka akan

muncul *window* baru untuk menggambar skema saluran seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Window* utama HEC-HMS

Beberapa *tools* yang digunakan untuk menggambar skema saluran bisa dilihat pada Gambar 4.5.

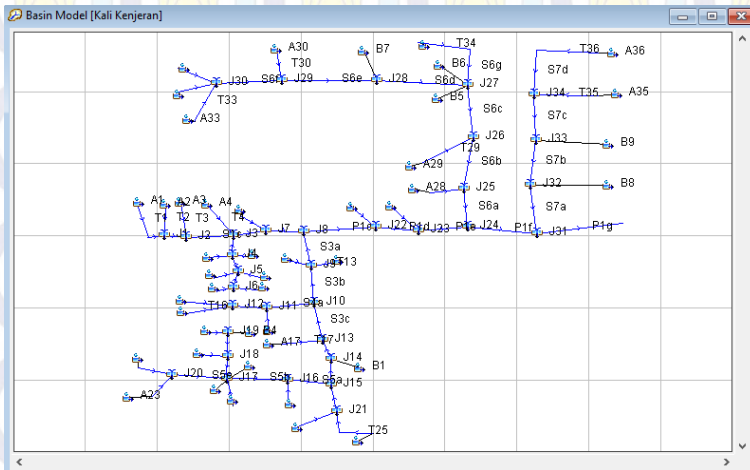


Gambar 4.5 *Tools Basin Model*

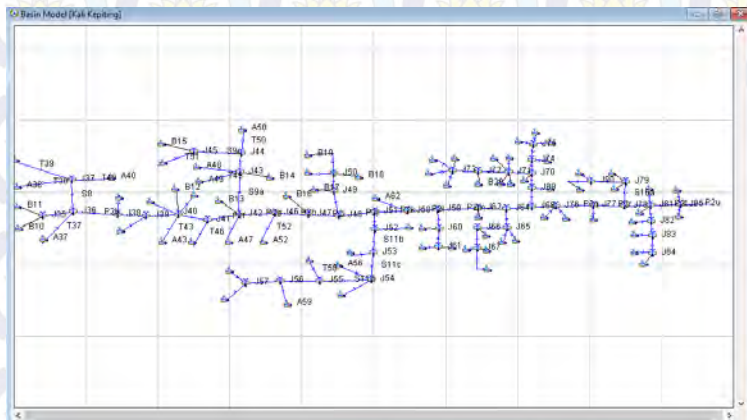
Penjelasan gambar:

- | | |
|-----------------------|--------------|
| 1. Subbasin (Sub DAS) | 5. Diversion |
| 2. Reach (saluran) | 6. Source |
| 3. Reservoir | 7. Sink |
| 4. Junction | |

Hasil gambar untuk skema saluran DAS Kali Kenjeran dan Kali Kepiting bisa dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.6 Skema saluran HEC-HMS DAS Kali Kenjeran



Gambar 4.7 Skema saluran HEC-HMS DAS Kali Kepiting

4.3.2. Input Parameter

Langkah selanjutnya adalah menginput parameter - parameter SCS UH pada *Basin Models*. Parameter - parameter ini terdapat pada Tabel 4.1 - Tabel 4.6 untuk panjang saluran dan luas Sub DAS serta Tabel 4.25 dan Tabel 4.26 untuk nilai *time lag*. Untuk menginput luas sub-DAS, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Subbasin Area*. Untuk menginput nilai *impervious* dan CN, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Loss* → *SCS Curve Number*. Untuk menginput *lag time*, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Transform* → *SCS Unit Hydrograph*. Terakhir untuk menginput panjang saluran, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Routing* → *Kinematic Wave*.

Kemudian menginput parameter pada *Meteorologic Models*, klik *Meteorologic Models* pada *window* utama → *Met 1*. Pada *tab Basin*, *Include Subbasins* diubah menjadi *Yes*. Lalu klik *Met 1* → *Specified Hyetograph*, ubah *Gage* menjadi *Gage 1* untuk semua *Subbasin*.

Selanjutnya klik *Control Specifications* pada *window* utama → *Control 1*. Input *Control 1* untuk 1 hari, mulai dari jam ke 00:00 tanggal tertentu sampai jam ke 00:00 tanggal setelahnya.

Langkah terakhir adalah menginput tinggi hujan yang terdapat pada Tabel 4.24. Klik *Time-Series Data* → *Precipitation Gage* → *Gage 1*. Ubah *Time Interval* menjadi 1 *hour*. Kemudian pada *tab Table*, input data tinggi hujan mulai dari jam ke 01:00 - 04:00. Untuk jam ke 05:00 - 24:00 diisikan nilai 0.

4.3.3. Output HEC-HMS

Output yang dihasilkan pada HEC-HMS adalah debit puncak atau *peak discharge*. Sebelumnya *running* terlebih dahulu untuk mendapatkan outputnya. Untuk *running*, pada *Menu Bar* → *Compute* → *Create Compute* → *Simulation Run*.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan *running* sebanyak 2 kali. *Run 1* untuk nilai tinggi hujan pada *Time-Series Data* periode ulang 2 tahun dan *Run 2* untuk periode ulang 5 tahun. Output dari periode hujan 2 tahun akan digunakan untuk mencari dimensi

saluran tersier dengan perhitungan manual. Sedangkan output dari periode hujan 5 tahun akan dijadikan inputan *Flow Hydrograph* dan *Lateral Inflow Hydrograph* pada program HEC-RAS untuk mendapatkan dimensi saluran sekunder dan primer. Berikut output dari program HEC-HMS untuk periode ulang 2 tahun dan periode ulang 5 tahun pada masing - masing DAS (Tabel 4.27 dan Tabel 4.28).

Tabel 4.27 $Q_{\text{Hidrologi}}$ Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran

Kode Sal.	$Q_{\text{Hidrologi}}$ (m^3/s)	
	2 Tahun	5 Tahun
T1	1.0	1.1
T2	0.6	0.7
T3	0.6	0.6
T4	0.8	0.9
T5	0.4	0.4
T6	0.3	0.4
T7	0.6	0.6
T8	0.3	0.3
T9	0.7	0.7
T10	0.5	0.5
T11	0.7	0.7
T12	0.4	0.4
T13	0.4	0.4
T14	1.0	1.0
T15	0.7	0.7
T16	0.6	0.7
T17	0.6	0.6
T18	1.0	1.0

Kode Sal.	$Q_{\text{Hidrologi}}$ (m^3/s)	
	2 Tahun	5 Tahun
T19	0.4	0.4
T20	0.5	0.6
T21	0.8	0.9
T22	0.4	0.4
T23	0.9	1.0
T24	0.2	0.3
T25	0.5	0.6
T26	0.8	0.8
T27	0.3	0.4
T28	0.6	0.6
T29	0.8	0.8
T30	0.1	0.1
T31	0.6	0.6
T32	0.8	0.9
T33	0.2	0.2
T34	0.6	0.6
T35	0.3	0.3
T36	0.1	0.1

(Sumber: Hasil perhitungan HEC-HMS)

Tabel 4.28 $Q_{\text{Hidrologi}}$ Saluran Tersier DAS Kali Kepiting

Kode Sal.	$Q_{\text{Hidrologi}}$ (m^3/s)		Kode Sal.	$Q_{\text{Hidrologi}}$ (m^3/s)	
	2 Tahun	5 Tahun		2 Tahun	5 Tahun
T37	0.3	0.4	T62	0.9	1.0
T38	0.5	0.6	T63	1.1	1.2
T39	0.5	0.5	T64	0.4	0.4
T40	0.5	0.6	T65	0.9	1.0
T41	0.6	0.6	T66	0.5	0.5
T42	0.4	0.4	T67	0.4	0.4
T43	0.7	0.8	T68	0.5	0.5
T44	0.2	0.2	T69	0.5	0.5
T45	0.1	0.1	T70	0.7	0.7
T46	0.4	0.4	T71	0.5	0.6
T47	1.1	1.2	T72	0.9	1.0
T48	0.2	0.3	T73	0.2	0.2
T49	0.2	0.2	T74	0.4	0.4
T50	0.2	0.2	T75	0.3	0.3
T51	0.7	0.7	T76	0.3	0.3
T52	0.6	0.6	T77	0.6	0.6
T53	0.4	0.4	T78	0.6	0.7
T54	0.5	0.5	T79	0.5	0.6
T55	0.9	0.9	T80	0.6	0.6
T56	0.3	0.3	T81	1.1	1.2
T57	0.2	0.2	T82	1.0	1.0
T58	0.3	0.3	T83	0.4	0.4
T59	0.6	0.6	T84	0.7	0.7
T60	0.5	0.6	T85	1.1	1.1
T61	0.1	0.2	T86	2.7	2.8

(Sumber: Hasil perhitungan HEC-HMS)

4.4. Analisa Hidrolika

Dalam Tugas Akhir ini analisa hidrolika dibagi menjadi dua, yaitu analisa kapasitas saluran tersier dengan perhitungan manual dan analisa kapasitas saluran sekunder dan saluran primer dengan

program bantu HEC-RAS. Ketiga saluran ini akan direncanakan dengan bentuk penampang persegi empat.

4.4.1. Analisa Kapasitas Saluran Tersier

Saluran akan direncanakan dengan beton *precast* U-Ditch dari PT Adhimix. Dimensi U-Ditch PT Adhimix bisa dilihat pada Tabel 4.29. Parameter yang dibutuhkan dalam menganalisa saluran tersier adalah $Q_{\text{Hidrologi}}$ PUH 2 tahun (Tabel 4.27 dan Tabel 4.28), koefisien manning (Tabel 2.10), serta kemiringan saluran (direncanakan untuk saluran tersier 0,0002). Kapasitas saluran tersier dihitung dengan Persamaan 2.21.

Tabel 4.29 Dimensi U-Ditch PT Adhimix

Tipe	B (m)	H (m)	Tipe	B (m)	H (m)	Tipe	B (m)	H (m)
1	0.3	0.2	16	0.6	0.5	31	1.2	1.6
2	0.3	0.3	17	0.6	0.6	32	1.4	1.2
3	0.3	0.4	18	0.6	0.7	33	1.4	1.4
4	0.3	0.5	19	0.6	0.8	34	1.4	1.6
5	0.4	0.3	20	0.6	1.0	35	1.4	1.8
6	0.4	0.4	21	0.8	0.6	36	1.5	2.0
7	0.4	0.5	22	0.8	0.7	37	1.6	1.4
8	0.4	0.6	23	0.8	0.8	38	1.6	1.6
9	0.4	0.7	24	0.8	1.0	39	1.6	1.8
10	0.5	0.3	25	0.8	1.2	40	1.6	2
11	0.5	0.4	26	1.0	1.2	41	2.0	2.5
12	0.5	0.5	27	1.0	1.4	42	2.5	1.5
13	0.5	0.6	28	1.2	1.0	43	2.5	2.5
14	0.5	0.7	29	1.2	1.2	44	3.0	2.5
15	0.6	0.4	30	1.2	1.4			

(Sumber: PT Adhimix Precast Indonesia)

Tinggi (H) dan lebar (B) saluran diambil dari dimensi U-Ditch diatas. Perhitungan dilakukan *trial and error* dengan mengganti - ganti dimensi saluran hingga didapatkan nilai $Q_{\text{Hidrolika}}$ lebih besar daripada $Q_{\text{Hidrologi}}$. Tinggi saluran yang dimasukkan ke dalam perhitungan telah dikurangi dengan tinggi jagaan (Tabel 2.11) serta tinggi sedimentasi. Tinggi jagaan sebesar 0,1 m sedangkan tinggi sedimentasi direncanakan sebesar 15% dari tinggi saluran dikurangi tinggi jagaan.

Misal untuk Tipe 36, H sebesar 2 m, dikurangi tinggi jagaan menjadi 1,9 m. Kemudian dikurangi tinggi sedimentasi sama dengan $1,9 \times 85\% = 1,62$ m. Jadi tinggi saluran yang dipakai (h) dalam perhitungan analisa kapasitas saluran adalah 1,62 m.

Contoh perhitungan $Q_{\text{Hidrolika}}$ untuk Saluran Kenjeran Selatan (T1) sebagai berikut:

$$Q_{\text{Hidrologi}} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Direncanakan saluran dengan U-Ditch Tipe 36

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

$$h = 1,62 \text{ m}$$

$$A = 1,5 \times 1,62 = 2,423 \text{ m}^2$$

$$P = 2(1,62) + 1,5 = 4,73 \text{ m}$$

$$R = 2,423 / 4,73 = 0,512 \text{ m}$$

$$V = 1/0,022 \times 0,0002^{0,5} \times 0,512^{2/3} = 0,419 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Hidrolika}} = 2,423 \times 0,419 = 1,016 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{Hidrologi}} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi Tipe 36 sudah memenuhi untuk saluran T1. Perhitungan lengkapnya bisa dilihat pada Tabel 4.30 dan Tabel 4.31.

Tabel 4.30 Dimensi Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran

Kode Sal.	Tipe U-Ditch	B m	H m	h m	n	S	A m ²	P m	R m	V m/s	Q _{Hidrolika} m ³ /s	Q _{Hidrologi} m ³ /s	Ket.
T1	36	1.5	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.423	4.73	0.512	0.419	1.016	1.0	OK
T2	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T3	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T4	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.8	OK
T5	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T6	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T7	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T8	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T9	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T10	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T11	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T12	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T13	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T14	36	1.5	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.423	4.73	0.512	0.419	1.016	1.0	OK
T15	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T16	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T17	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK

T18	36	1.5	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.423	4.73	0.512	0.419	1.016	1.0	OK
T19	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T20	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T21	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.8	OK
T22	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T23	39	1.6	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.312	4.49	0.515	0.417	0.964	0.9	OK
T24	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T25	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T26	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.8	OK
T27	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T28	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T29	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.8	OK
T30	20	0.6	1.0	0.77	0.022	0.0002	0.459	2.13	0.215	0.237	0.109	0.1	OK
T31	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T32	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.8	OK
T33	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T34	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T35	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T36	20	0.6	1.0	0.77	0.022	0.0002	0.459	2.13	0.215	0.237	0.109	0.1	OK

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.31 Dimensi Saluran Tersier DAS Kali Kepiting

Kode Sal.	Tipe U-Ditch	B m	H m	h m	n	S	A m ²	P m	R m	V m/s	Q _{Hidrolika} m ³ /s	Q _{Hidrologi} m ³ /s	Ket.
T37	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T38	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T39	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T40	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T41	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T42	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T43	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T44	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T45	20	0.6	1.0	0.77	0.022	0.0002	0.459	2.13	0.215	0.237	0.109	0.1	OK
T46	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T47	40	1.6	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.584	4.83	0.535	0.430	1.112	1.1	OK
T48	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T49	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T50	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T51	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T52	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T53	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK

T54	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T55	39	1.6	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.312	4.49	0.515	0.417	0.964	0.9	OK
T56	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T57	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK
T58	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T59	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T60	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T61	20	0.6	1.0	0.77	0.022	0.0002	0.459	2.13	0.215	0.237	0.109	0.1	OK
T62	39	1.6	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.312	4.49	0.515	0.417	0.964	0.9	OK
T63	40	1.6	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.584	4.83	0.535	0.430	1.112	1.1	OK
T64	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T65	39	1.6	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.312	4.49	0.515	0.417	0.964	0.9	OK
T66	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T67	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T68	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T69	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T70	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T71	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T72	39	1.6	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.312	4.49	0.515	0.417	0.964	0.9	OK
T73	25	0.8	1.2	0.94	0.022	0.0002	0.748	2.67	0.280	0.282	0.211	0.2	OK

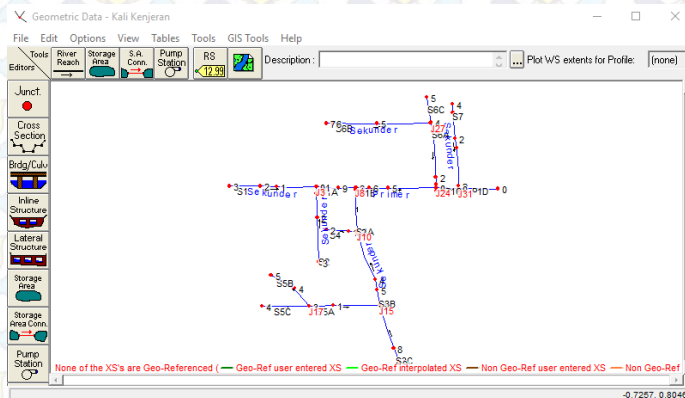
T74	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T75	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T76	27	1.0	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.105	3.21	0.344	0.322	0.356	0.3	OK
T77	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T78	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T79	31	1.2	1.6	1.19	0.022	0.0002	1.428	3.58	0.399	0.354	0.551	0.5	OK
T80	37	1.6	1.4	1.11	0.022	0.0002	1.768	3.81	0.464	0.384	0.678	0.6	OK
T81	40	1.6	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.584	4.83	0.535	0.430	1.112	1.1	OK
T82	36	1.5	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.423	4.73	0.512	0.419	1.016	1.0	OK
T83	32	1.4	1.2	0.94	0.022	0.0002	1.309	3.27	0.400	0.347	0.454	0.4	OK
T84	35	1.4	1.8	1.45	0.022	0.0002	2.023	4.29	0.472	0.396	0.801	0.7	OK
T85	40	1.6	2.0	1.62	0.022	0.0002	2.584	4.83	0.535	0.430	1.112	1.1	OK
T86	43	2.5	2.5	2.04	0.022	0.0002	5.100	6.58	0.775	0.545	2.779	2.7	OK

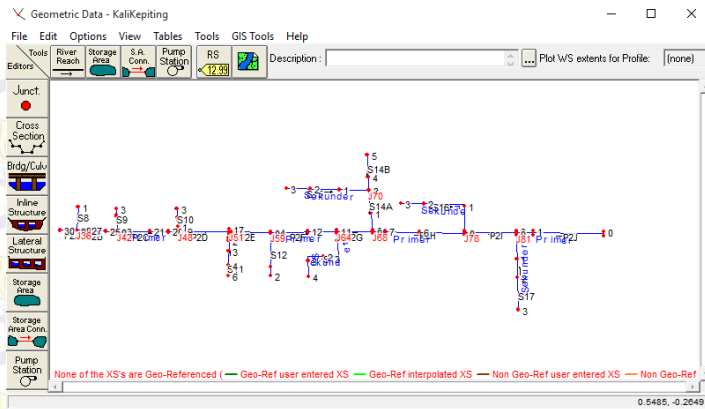
(Sumber: Hasil perhitungan)

4.4.2. Analisa Kapasitas Saluran Sekunder dan Primer dengan Program Bantu HEC-RAS

Perhitungan saluran sekunder dan primer akan dilakukan dengan program bantu HEC-RAS. Penampang saluran direncanakan berbentuk persegi empat. Untuk saluran sekunder, jika dimensi yang didapatkan dari hasil HEC-RAS terdapat pada *precast* U-Ditch (Tabel 4.29), maka saluran tersebut akan menggunakan pasangan beton *precast*. Sedangkan jika dimensi yang didapatkan tidak ada pada *precast* U-Ditch, maka saluran akan menggunakan perkuatan dengan *sheet pile* pada tebing saluran. Parameter yang digunakan dalam HEC-RAS adalah hidrograf saluran tersier yang didapat dari HEC-HMS kemudian ditambahkan dengan *baseflow*. *Baseflow* direncanakan sebesar 30% dari *peak discharge*-nya. Hidrograf yang sudah ditambah *baseflow* bisa dilihat pada Lampiran 3 dan Lampiran 4.

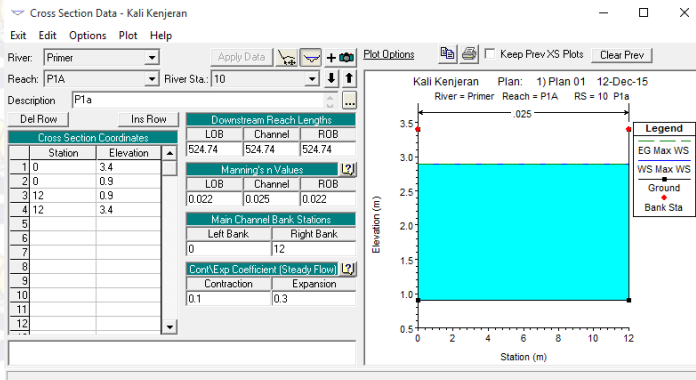
Langkah pertama dalam simulasi HEC-RAS adalah membuat skema saluran. Hampir sama dengan HEC-HMS namun disini hanya memasukkan saluran sekunder dan primernya. Hasilnya bisa dilihat pada Gambar 4.8 untuk DAS Kali Kenjeran dan Gambar 4.9 untuk DAS Kali Kepiting.





Gambar 4.9 Skema saluran HEC-RAS DAS Kali Kepiting

Kemudian input bentuk penampangnya. Dalam *Cross Section Data* juga terdapat inputan panjang saluran serta koefisien manning. Koefisien manning sebesar 0,022 untuk LOB dan ROB serta 0,025 untuk *Channel*. Salah satu hasil *cross section* bisa dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Cross Section saluran pada HEC-RAS

Langkah berikutnya adalah menginput hidrograf saluran tersier pada masing - masing *cross section*-nya dalam *Unsteady*

Flow Data. Pada tab *Boundary Conditions*, semua *cross section* yang berada di hulu isi dengan *Flow Hydrograph*. Kemudian untuk *cross section* lainnya isi dengan *Lateral Inflow Hydrograph*. Namun untuk *cross section* yang paling hilir saluran primer isi dengan *Normal Depth*. Hasilnya bisa dilihat pada Gambar 4.11. Salah satu contoh inputan hidrograf bisa dilihat pada Gambar 4.12.

Unsteady Flow Data - Kali Kenjeran

File Options Help

Boundary Conditions Initial Conditions Apply Data

Boundary Condition Types

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Elev Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow

Rules

Add Boundary Condition Location

Add RS ... Add Storage Area ... Add SA Connection ... Add Pump Station ...

Select Location in table then select Boundary Condition Type

	River	Reach	RS	Boundary Condition
1	Primer	P1A	10	Lateral Inflow Hydr.
2	Primer	P1A	9	Lateral Inflow Hydr.
3	Primer	P1A	8	
4	Primer	P1B	7	
5	Primer	P1B	6	Lateral Inflow Hydr.
6	Primer	P1B	5	Lateral Inflow Hydr.
7	Primer	P1B	4	
8	Primer	P1C	3	
9	Primer	P1C	2	
10	Primer	P1D	1	
11	Primer	P1D	0	Normal Depth
12	Sekunder	S5B	5	Flow Hydrograph
13	Sekunder	S5B	4	Lateral Inflow Hydr.
14	Sekunder	S5C	4	Flow Hydrograph
15	Sekunder	S5C	3	
16	Sekunder	S5C	3	
17	Sekunder	S3C	9	Flow Hydrograph
18	Sekunder	S3C	8	Lateral Inflow Hydr.
19	Sekunder	S3C	7	
20	Sekunder	S5A	2	Lateral Inflow Hydr.
21	Sekunder	S5A	1	Lateral Inflow Hydr.
22	Sekunder	S5A	0	
23	Sekunder	S3B	6	
24	Sekunder	S3B	5	Lateral Inflow Hydr.
25	Sekunder	S3B	4	Lateral Inflow Hydr.
26	Sekunder	S3B	3	

Gambar 4.11 *Boundary Conditions*

Lateral Inflow Hydrograph

River: Primer Reach: P1A RS: 10

☐ Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File:

Path:

☒ Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 14NOV2015 Time: 0000

☐ Fixed Start Time: Date: Time:

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Lateral Inflow (m ³ /s)
1	13Nov2015 2400	00:00	0.27
2	14Nov2015 0100	01:00	1.17
3	14Nov2015 0200	02:00	0.97
4	14Nov2015 0300	03:00	0.67
5	14Nov2015 0400	04:00	0.57
6	14Nov2015 0500	05:00	0.37
7	14Nov2015 0600	06:00	0.27
8	14Nov2015 0700	07:00	0.27
9	14Nov2015 0800	08:00	0.27

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

☐ Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step):

Min Flow: Multiplier:

Gambar 4.12 Hidrograf HEC-RAS

Kemudian pada *tab Initial Conditions*, input nilai debit sesuai pada jam ke 00:00 nya. Hasil Initial Conditions bisa dilihat pada Gambar 4.13.

Unsteady Flow Data - Kali Kenjeran

File Options Help

Boundary Conditions Initial Conditions Apply Data

Initial Flow Distribution Method

☐ Use a Restart File Filename:

☒ Enter Initial flow distribution

Add RS...

Locations of Flow Data Changes			
River	Reach	RS	Initial Flow
1	Primer	P1A	11 0.27
2	Primer	P1B	7 0.24
3	Primer	P1C	3 0.24
4	Primer	P1D	1 0.24
5	Sekunder	S5B	5 0.36
6	Sekunder	S5C	4 0.42
7	Sekunder	S3C	9 0.18
8	Sekunder	S5A	3 0.36
9	Sekunder	S5A	2 0.36
10	Sekunder	S3B	6 0.21
11	Sekunder	S4	2 0.42
12	Sekunder	S6B	7 0.51
13	Sekunder	S6C	5 0.18

Initial Elevation of Storage Areas	
Storage Area	Initial Elevation
1	

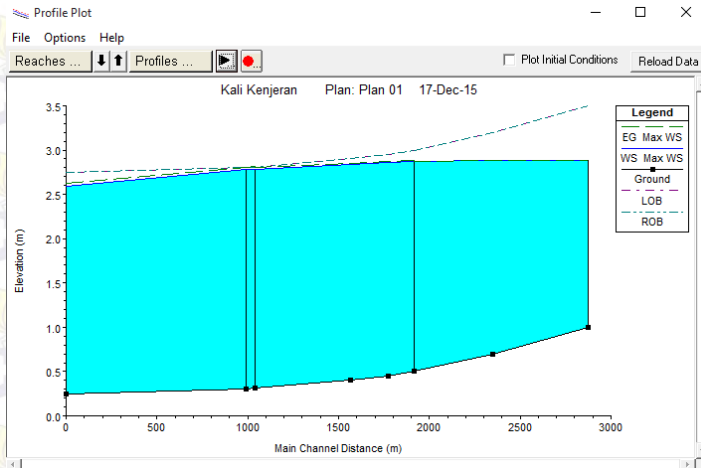
Gambar 4.13 *Initial Conditions*

Setelah semua data dimasukkan, maka selanjutnya adalah me-running program HEC-RAS. Cara melakukannya adalah:

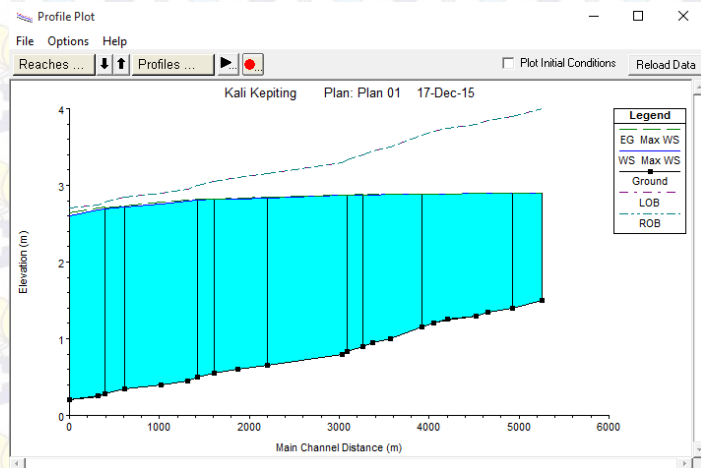
1. Pilih menu *run*
2. Pilih *unsteady flow analysis*
3. Centang *geometry preprocessor*, *unsteady flow simulation*, dan *post processor*
4. Isi *simulation time window* sesuai dengan waktu *flow hydrograph*
5. Tekan tombol *compute*

Output dari HEC-RAS bisa dilihat pada menu *View* → *Water Surface Profiles*. Outputan ini menampilkan potongan memanjang saluran sepanjang penampang. Saluran primer Kali Kenjeran dan Kali Kepiting bisa dilihat pada Gambar 4.14 dan

Gambar 4.15. Untuk output saluran sekunder bisa dilihat pada Lampiran 5 dan Lampiran 6.



Gambar 4.14 Potongan memanjang Kali Kenjeran



Gambar 4.15 Potongan memanjang Kali Kepiting

Berdasarkan output HEC-RAS diatas, saluran primer sudah memenuhi. Berikut Tabel 4.32 dan Tabel 4.33 untuk dimensi saluran sekunder dan primer masing - masing DAS.

Tabel 4.32 Dimensi Saluran Sekunder dan Primer
DAS Kali Kenjeran

Kode Sal.	S	B m	H m	Bentuk Saluran	Kode Sal.	S	B m	H m	Bentuk Saluran
S1a	0.0003	3	2.5	Tipe 44	S5e	0.0002	4	2.5	Persegi
S1b	0.0003	3	2.5	Tipe 44	S6a	0.0003	3	2.5	Tipe 44
S1c	0.0002	3	2.5	Tipe 44	S6b	0.0003	3	2.5	Tipe 44
S2a	0.0003	3	2.5	Tipe 44	S6c	0.0003	3	2.5	Tipe 44
S2b	0.0004	3	2.5	Tipe 44	S6d	0.0003	3	2.5	Tipe 44
S2c	0.0004	3	2.5	Tipe 44	S6e	0.0003	3	2.5	Tipe 44
S3a	0.0003	5	2.5	Persegi	S6f	0.0005	3	2.5	Tipe 44
S3b	0.0003	5	2.5	Persegi	S6g	0.0002	3	2.5	Tipe 44
S3c	0.0004	5	2.5	Persegi	S7a	0.0002	4	2.5	Persegi
S3d	0.0003	5	2.5	Persegi	S7b	0.0003	4	2.5	Persegi
S3e	0.0004	5	2.5	Persegi	S7c	0.0002	4	2.5	Persegi
S3f	0.0003	5	2.5	Persegi	S7d	0.0003	4	2.5	Persegi
S3g	0.0003	5	2.5	Persegi	P1a	0.0006	12	2.5	Persegi
S4a	0.0002	3	2.5	Tipe 44	P1b	0.0005	12	2.5	Persegi
S4b	0.0003	3	2.5	Tipe 44	P1c	0.0004	12	2.5	Persegi
S5a	0.0002	4	2.5	Persegi	P1d	0.0002	12	2.5	Persegi
S5b	0.0002	4	2.5	Persegi	P1e	0.0002	12	2.5	Persegi
S5c	0.0003	4	2.5	Persegi	P1f	0.0002	12	2.5	Persegi
S5d	0.0004	4	2.5	Persegi	P1g	0.0001	12	2.5	Persegi

(Sumber: Hasil perhitungan HEC-RAS)

Tabel 4.33 Dimensi Saluran Sekunder dan Primer
DAS Kali Kepiting

Kode Sal.	S	B m	H m	Bentuk Saluran
S8	0.0002	4	2.5	Persegi
S9a	0.0004	4	2.5	Persegi
S9b	0.0005	4	2.5	Persegi
S9c	0.0004	4	2.5	Persegi
S10a	0.0004	3	2.5	Tipe 44
S10b	0.0004	3	2.5	Tipe 44
S10c	0.0004	3	2.5	Tipe 44
S11a	0.0003	4	2.5	Persegi
S11b	0.0005	4	2.5	Persegi
S11c	0.0003	4	2.5	Persegi
S11d	0.0003	4	2.5	Persegi
S11e	0.0004	4	2.5	Persegi
S11f	0.0004	4	2.5	Persegi
S12a	0.0006	3	2.5	Tipe 44
S12b	0.0007	3	2.5	Tipe 44
S13a	0.0007	4	2.5	Persegi
S13b	0.0005	4	2.5	Persegi
S13c	0.0004	4	2.5	Persegi
S13d	0.0004	4	2.5	Persegi
S14a	0.0004	4	2.5	Persegi
S14b	0.0004	4	2.5	Persegi
S14c	0.0005	4	2.5	Persegi
S14d	0.0006	4	2.5	Persegi
S15a	0.0003	4	2.5	Persegi
S15b	0.0005	4	2.5	Persegi
S15c	0.0006	4	2.5	Persegi
S16a	0.0005	4	2.5	Persegi
S16b	0.0007	4	2.5	Persegi
S16c	0.0008	4	2.5	Persegi
S17a	0.0007	4	2.5	Persegi
S17b	0.0009	4	2.5	Persegi
S17c	0.0008	4	2.5	Persegi
P2a	0.0003	18	2.5	Persegi
P2b	0.0002	18	2.5	Persegi
P2c	0.0004	18	2.5	Persegi
P2d	0.0002	18	2.5	Persegi
P2e	0.0003	18	2.5	Persegi
P2f	0.0004	18	2.5	Persegi
P2g	0.0004	18	2.5	Persegi
P2h	0.0003	18	2.5	Persegi
P2i	0.0005	18	2.5	Persegi
P2j	0.0004	18	2.5	Persegi
P2k	0.0006	18	2.5	Persegi
P2l	0.0002	18	2.5	Persegi
P2m	0.0002	18	2.5	Persegi
P2n	0.0002	18	2.5	Persegi
P2o	0.0003	18	2.5	Persegi
P2p	0.0004	18	2.5	Persegi
P2q	0.0002	18	2.5	Persegi
P2r	0.0001	18	2.5	Persegi
P2s	0.0003	18	2.5	Persegi
P2t	0.0004	18	2.5	Persegi
P2u	0.0002	18	2.5	Persegi

(Sumber: Hasil perhitungan HEC-RAS)

4.4.3. Analisa Boezem dengan Program Bantu HEC-RAS

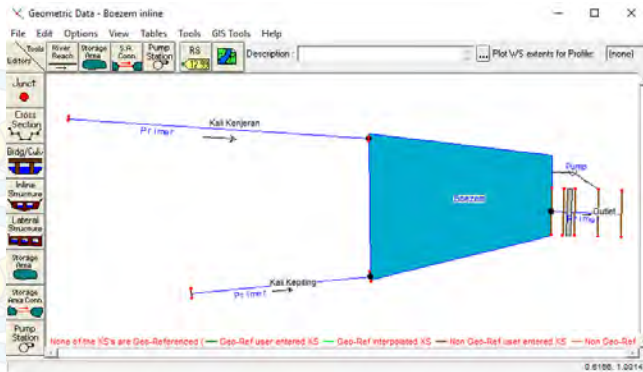
Boezem diperlukan karena adanya *backwater* akibat pasang surut muka air laut yang terjadi pada hilir Saluran Primer Kali Kenjeran dan Kali Kepiting. Dalam Tugas Akhir ini, analisa boezem menggunakan program bantu HEC-RAS.

Posisi boezem direncanakan seperti pada Gambar 4.16 dengan luas 200.000 m² serta kedalaman 2,5 m. Elevasi boezem direncanakan sama dengan elevasi hilir Saluran Kali Kepiting, yaitu +0,2 m. Hal ini dikarenakan elevasi hilir Saluran Kali Kepiting lebih rendah dari pada Saluran Kali Kenjeran yaitu sebesar +0,25 m.



Gambar 4.16 Lokasi rencana boezem

Sama seperti bab sebelumnya, langkah pertama adalah membuat skema pada *Geometric Data*. Hasil skemanya bisa dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Skema boezem HEC-RAS

Saluran Kali Kenjeran dan Saluran Kali Kepiting hanya dibuat masing - masing dua *cross sections* yang paling hilir, yaitu P1g dan P2u. Berikut inputan *cross sections* pada kedua saluran:

Cross Section Data - Boezem inline

Exit Edit Options Plot Help

River:
Primer
Apply Data

Reach:
Kali Kenjeran
River Sta.:
1

Description:
P1g

Del Row	Ins Row	Cross Section Coordinates		Downstream Reach Lengths			
		Station	Elevation	LOB	Channel	ROB	
1	0	2.8	990	990	990		
2	0	0.3	Manning's n Values				
3	12	0.3	LOB	Channel	ROB		
4	12	2.8	0.02	0.025	0.02		
Main Channel Bank Stations				Main Channel Bank Stations			
5			Left Bank	Right Bank			
6			0	12			
7			Cont/Exp Coefficient (Steady Flow)				
8			Contraction	Expansion			
9			0.1	0.3			
10							
11							
12							
13							

Cross Section Data - Boezem inline

Exit Edit Options Plot Help

River:
Primer
Apply Data

Reach:
Kali Kepiting
River Sta.:
1

Description:
P2u

Del Row	Ins Row	Cross Section Coordinates		Downstream Reach Lengths			
		Station	Elevation	LOB	Channel	ROB	
1	0	2.75	315.11	315.11	315.11		
2	0	0.25	Manning's n Values				
3	18	0.25	LOB	Channel	ROB		
4	18	2.75	0.02	0.025	0.02		
Main Channel Bank Stations				Main Channel Bank Stations			
5			Left Bank	Right Bank			
6			0	18			
7			Cont/Exp Coefficient (Steady Flow)				
8			Contraction	Expansion			
9			0.1	0.3			
10							
11							
12							
13							

Gambar 4.18 Cross sections hilir Kali Kenjeran dan Kali Kepiting

Saluran outlet direncanakan dengan panjang 30 m dan lebar 20 m. Buat saluran outlet dengan 4 *cross sections*. *Cross section* 1 (10 m) untuk pompa, *cross section* 2 (10 m) dan 3 (5 m) untuk pintu, serta *cross section* 4 (5 m) untuk inlet dari boezem. Berikut inputan cross sections pada outlet:

The figure displays four screenshots of the 'Cross sections Outlet' software interface, arranged in a 2x2 grid. Each screenshot shows the same software window with different data entered for a river reach. The interface includes fields for River, Reach, River Sta., and Description, along with several data tables.

Top Left Screenshot:

- River: Primer
- Reach: Outlet
- River Sta.: 1
- Downstream Reach Lengths: LOB 10, Channel 10, ROB 10
- Manning's n Values: LOB 0.02, Channel 0.025, ROB 0.02
- Main Channel Bank Stations: Left Bank 0, Right Bank 20
- Cont'Exp Coefficient (Steady Flow): Contraction 0.1, Expansion 0.3

Top Right Screenshot:

- River: Primer
- Reach: Outlet
- River Sta.: 2
- Downstream Reach Lengths: LOB 10, Channel 10, ROB 10
- Manning's n Values: LOB 0.02, Channel 0.025, ROB 0.02
- Main Channel Bank Stations: Left Bank 0, Right Bank 20
- Cont'Exp Coefficient (Steady Flow): Contraction 0.1, Expansion 0.3

Bottom Left Screenshot:

- River: Primer
- Reach: Outlet
- River Sta.: 3
- Downstream Reach Lengths: LOB 5, Channel 5, ROB 5
- Manning's n Values: LOB 0.02, Channel 0.025, ROB 0.02
- Main Channel Bank Stations: Left Bank 0, Right Bank 20
- Cont'Exp Coefficient (Steady Flow): Contraction 0.1, Expansion 0.3

Bottom Right Screenshot:

- River: Primer
- Reach: Outlet
- River Sta.: 4
- Downstream Reach Lengths: LOB 5, Channel 5, ROB 5
- Manning's n Values: LOB 0.02, Channel 0.025, ROB 0.02
- Main Channel Bank Stations: Left Bank 0, Right Bank 20
- Cont'Exp Coefficient (Steady Flow): Contraction 0.1, Expansion 0.3

Gambar 4.19 Cross sections Outlet

Elevasi hulu pada Outlet (*cross section 4*) disamakan dengan elevasi boezem yaitu sebesar +0,2 m.

Kemudian gambar *Storage Area*. Pada saat menggambar *storage area*, pastikan garisnya memotong Saluran Kali Kenjeran dan Kali Kepiting serta Saluran Outlet. Hal ini dimaksudkan agar ketiga saluran *connect* dengan boezemnya. Masuk ke *Storage Area Editor*, input luas dan elevasi boezem seperti pada Gambar 4.20.

Storage Area Editor

Storage Area: Boezem

Connections and References to this Storage Area

XS: RS=4 XS: RS=0

XS: RS=0 Pump: Pump (to)

Area times depth method Area (1000 m²) 200

Min Elev: 0.2

Gambar 4.20 Storage Area Editor

Langkah selanjutnya adalah membuat pompa. Jumlah pompa direncanakan 4 buah dengan debit masing - masing pompa 2,5 m³/s dan maksimal head 6 m. Input data pompa seperti pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22.

Pump Station Data Editor

Pump Station Name: Pump

Pump Connection Data Pump Group Data Advanced Control Rules

Pump From: Storage area: Boezem Set RS Set SA Del

Distance from upstream RS to the pump intake:

Pump To: Primer Outlet RS: 1 Set RS Set SA Del

Distance from the upstream RS to the pump outlet:

Gambar 4.21 Pump Connection Data

Pump Station Data Editor

Pump Station Name: Pump

Pump Connection Data Pump Group Data Advanced Control Rules

Group Name: Group #1 Add Group Delete Group ... Rename Group ...

Pump Groups

Number of Pumps in Group: 4

Startup (min): 0 Shutdown (min): 0

☐ Bias group operations to On (at start of simulation)

Pump Efficiency Curve

	Head(m)	Flow(m ³ /s)
1	6	2.1
2	5	2.2
3	4	2.3
4	3	2.4
5	2	2.5
6		
7		
8		

Pump Operations

	Pump Name	W/S Elev On (m)	W/S Elev Off (m)
1	Pump #1	1	0.5
2	Pump #2	1	0.5
3	Pump #3	1	0.5
4	Pump #4	1	0.5

Gambar 4.22 Pump Group Data

Terakhir dalam *Geometric Data* adalah membuat pintu. Pintu direncanakan 4 buah dengan lebar 3 m dan tinggi 2,5 m. Klik *Inline Structure* pada *window* utama. Pilih *reach Outlet*, kemudian *Option* → *Add an inline structure*, masukkan 2.5. Maksudnya adalah posisi pintu berada antara *cross section* 3 dan *cross section* 2. Klik *Weir / Embankment* kemudian input nilai - nilai seperti pada Gambar 4.23.

Inline Structure Weir Station Elevation Editor

Distance	Width	Weir Coef
11.5	2	1.4

Clear Del Row Ins Row Filter...

Edit Station and Elevation coordinates

	Station	Elevation
1	0.	2.8
2	20.	2.8
3		
4		
5		
6		
7		
8		

U.S Embankment SS 0 D.S Embankment SS 0

Weir Data
Weir Crest Shape
☒ Broad Crested
☐ Ogee

OK Cancel

Gambar 4.23 *Weir Station*

Distance adalah jarak pintu terhadap *cross section* 3 sedangkan *Width* adalah lebar *embankment*. Kemudian klik *Gate* untuk inputan data pintu. Masukkan data pintu seperti pada Gambar 4.24 berikut:

Inline Gate Editor

Gate Group: Gate #1

Gate type (or methodology): Sluice

Geometric Properties

Height: 2.5
Width: 3
Invert: 0.3
Openings: 4

Centerline Stations

Station
1 4.
2 8.
3 12.
4 16.
5
6
7
8
9

Gate Flow

Sluice Gate Flow
Sluice Discharge Coefficient (0.5-0.7): 0.6

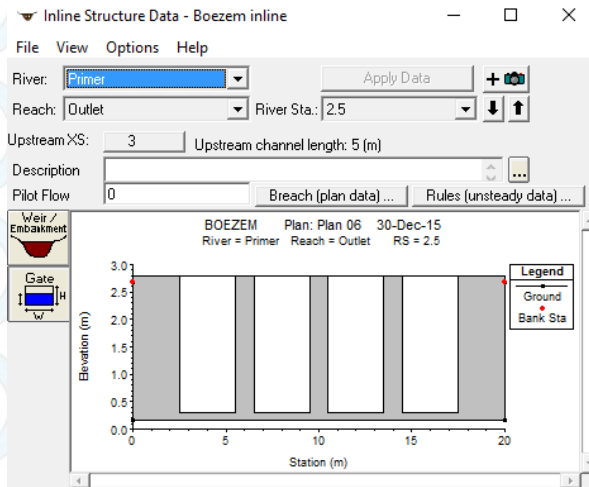
Submerged Orifice Flow
Orifice Coefficient (typically 0.8): 0.8

Head Reference: Sill (Invert)

Weir Flow Over Gate Sill (gate out of water)
Weir Shape: Broad Crested
Weir Coefficient: 1.67

Gambar 4.24 Gate Editor

Outputnya akan tampak seperti pada Gambar 4.25 berikut:



Gambar 4.25 Inline Structure Editor

Setelah input *Geometric Data* sudah selesai, selanjutnya adalah menginput *Unsteady Flow Data*. Hidrograf untuk Saluran Kali Kenjeran dan Kali Kepiting bisa didapat dari outputan HEC-RAS sebelumnya. Kemudian ambil hidrograf yang paling hilir (P1g dan P2u) untuk dimasukkan pada analisa bozem ini. Berikut dapat dilihat pada Gambar 4.26 untuk hidrograf Kali Kenjeran dan Kali Kepiting.

Flow Hydrograph - River: Primer Reach: Kali Kenjeran RS: 1

☐ Read from DSS before simulation

File:
 Path:

☒ Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 29DEC2015 Time: 00:00

☐ Fixed Start Time: Date:
 Time:

No. Ordinates

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	29Dec2015 2400	00:00	0.25
2	29Dec2015 0100	01:00	5.88
3	29Dec2015 0200	02:00	18.82
4	29Dec2015 0300	03:00	22.5
5	29Dec2015 0400	04:00	20.91
6	29Dec2015 0500	05:00	17.84
7	29Dec2015 0600	06:00	14.41
8	29Dec2015 0700	07:00	11.61

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

☐ Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step):

Min Flow: Multiplier:

Flow Hydrograph - River: Primer Reach: Kali Kepiting RS: 1

☐ Read from DSS before simulation

File:
 Path:

☒ Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 29DEC2015 Time: 00:00

☐ Fixed Start Time: Date:
 Time:

No. Ordinates

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	29Dec2015 2400	00:00	1.14
2	29Dec2015 0100	01:00	13.08
3	29Dec2015 0200	02:00	29.95
4	29Dec2015 0300	03:00	37.13
5	29Dec2015 0400	04:00	36.32
6	29Dec2015 0500	05:00	31.85
7	29Dec2015 0600	06:00	26.12
8	29Dec2015 0700	07:00	21.42

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

☐ Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step):

Min Flow: Multiplier:

Gambar 4.26 *Flow Hydrograph* Kali Kenjeran dan Kali Kenjeran

Pilih *Stage Hydrograph* untuk Outlet lalu input data pasang surut air laut. Dalam Tugas Akhir ini direncanakan pada kondisi ektrim, waktu kondisi pasang disamakan dengan waktu debit puncak. Kemudian pilih *T.S. Gate Openings* untuk mengatur tinggi bukaan pintu. Pintu direncanakan tertutup pada saat air laut pasang dan terbuka berangsur - angsur ketika air laut mulai surut. *Stage Hydrograph* untuk Outlet dan *Gate Openings* untuk pintu bisa dilihat pada Gambar 4.27.

Stage Hydrograph

River: Primer Reach: Outlet RS: 0

☐ Read from DSS before simulation

File: _____

Path: _____

☒ Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 29DEC2015 Time: 00:00

☐ Fixed Start Time: Date: _____ Time: _____

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Stage (m)
1	28Dec2015 2400	00:00	1.8
2	29Dec2015 0100	01:00	1.8
3	29Dec2015 0200	02:00	2.
4	29Dec2015 0300	03:00	2.
5	29Dec2015 0400	04:00	2.5
6	29Dec2015 0500	05:00	2.1
7	29Dec2015 0600	06:00	2.1
8	29Dec2015 0700	07:00	1.4
9	29Dec2015 0800	08:00	1.4
10	29Dec2015 0900	09:00	0.7
11	29Dec2015 1000	10:00	0.3
12	29Dec2015 1100	11:00	0.3
13	29Dec2015 1200	12:00	0.5

Gate Openings

River: Primer Reach: Outlet RS: 2.5

Gate Group: Gate #1

☐ Read from DSS before simulation

File: _____

Path: _____

☒ Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 29DEC2015 Time: 00:00

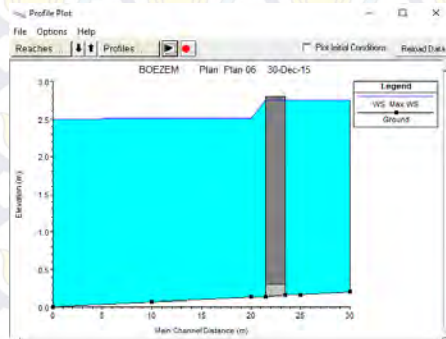
☐ Fixed Start Time: Date: _____ Time: _____

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Gate Opening Height (m)
1	28Dec2015 2400	00:00	0.
2	29Dec2015 0100	01:00	0.
3	29Dec2015 0200	02:00	0.
4	29Dec2015 0300	03:00	0.
5	29Dec2015 0400	04:00	0.
6	29Dec2015 0500	05:00	0.5
7	29Dec2015 0600	06:00	1.
8	29Dec2015 0700	07:00	1.5
9	29Dec2015 0800	08:00	2.
10	29Dec2015 0900	09:00	2.5
11	29Dec2015 1000	10:00	2.5
12	29Dec2015 1100	11:00	2.5
13	29Dec2015 1200	12:00	2.5

Gambar 4.27 Stage Hydrograph dan Gate Openings

Setelah semua sudah di input, terakhir adalah me-running HEC-RAS. Output dari analisa boezem pada waktu puncak bisa dilihat pada Gambar 4.28 berikut.



Gambar 4.28 Saluran Outlet pada kondisi puncak

Berdasarkan hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa perencanaan boezem, termasuk di dalamnya pintu dan pompa, sudah dapat memenuhi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dalam Tugas Akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Banjir terjadi karena dimensi saluran primer yang kurang memadai. Berdasarkan hasil perhitungan didapati lebar Saluran Kali Kenjeran sebesar 12 m dan Saluran Kali Kepiting sebesar 18 m. Namun lebar eksisting Saluran Kali Kenjeran hanya 10 m dan Saluran Kali Kepiting 16 m.
2. Berdasarkan perhitungan HEC-HMS, didapati besar debit rencana dari setiap sub DAS berkisar antara 0,1 m³/s sampai 2,8 m³/s.
3. Saluran tersier direncanakan dengan *precast* U-Ditch sesuai pada Tabel 4.23. Dimensinya didapati cukup variatif, berkisar antara 60 x 100 cm hingga 250 x 250 cm. Untuk saluran sekunder direncanakan hanya satu tipe dimensi yang menggunakan U-Ditch, yaitu 300 x 250 cm. Sedangkan dua tipe dimensi lainnya menggunakan perkuatan *sheet pile* dengan dimensi 400 x 250 cm dan 500 x 250 cm. Saluran primer direncanakan dengan perkuatan *sheet pile*. Dimensi Saluran Kali Kenjeran adalah 12 x 2,5 m dan Kali Kepiting sebesar 18 x 2,5 m.

Tabel 5.1 Tipe U-Ditch yang dipakai

Tipe	B	H
	m	m
20	0.6	1.0
25	0.8	1.2
27	1.0	1.4
31	1.2	1.6
32	1.4	1.2
35	1.4	1.8

Tipe	B	H
	m	m
36	1.5	2.0
37	1.6	1.4
39	1.6	1.8
40	1.6	2.0
43	2.5	2.5
44	3.0	2.5

4. Akibat adanya *backwater* maka direncanakan pembangunan boezem seluas 200.000 m² dengan kedalaman 2,5 m disertai dengan 4 pompa (Q 1 pompa = 2,5 m³/s) dan 4 pintu (dimensi 1 pintu = 3 m x 2,5 m).

5.2. Saran

Berdasarkan pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis memberikan beberapa saran antara lain:

1. Sedimentasi yang terjadi perlu dikontrol. Dalam Tugas Akhir ini, penulis memberikan toleransi tinggi sedimen hingga 15% dari tinggi U-Ditch. Apabila Tugas Akhir ini dipakai di lapangan, maka perlu adanya pengerukan sedimentasi secara berkala. Sehingga tinggi sedimen tidak melebihi batas toleransi yang menyebabkan banjir.
2. Perlunya kelengkapan data eksisting untuk membandingkan kondisi di lapangan dan perencanaan. Penulis tidak mendapatkan data eksisting saluran, sehingga hanya membandingkan dimensi saluran primer di lapangan dan perencanaan secara kasat mata.

DAFTAR PUSTAKA

Anggrahini. 1996. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Surabaya: CV. Citra Media.

Chow, Ven Te. 1985. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Jakarta: Erlangga.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Perdesaan. 2003. **Buku Panduan dan Petunjuk Praktis Pengelolaan Drainase Perkotaan**. Jakarta.

Linsley, R.K., Kohler, M.A., & Paulus, J.L.H. 1982. **Hydrology for Engineers**. New York: McGraw Hill.

Lasminto, U. 2010. **Modul Ajar Hidrologi**. Surabaya: ITS.

Soemarto. 1995. **Hidrologi Teknik**. Jakarta: Erlangga.

Soewarno. 1995. **Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1**. Bandung: NOVA.

Soewarno. 1995. **Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 2**. Bandung: NOVA.

Sofia, F. 2006. **Sistem Bangunan Drainase**. Surabaya: ITS.

Sri Harto. 1993. **Analisis Hidrologi**. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Sri Harto. 1993. **Hidrologi Terapan**. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM.

Subarkah, I. 1980. **Hidrologi untuk Bangunan Air**. Bandung: NOVA.

Sugiyanto, Ir, M.Eng. 2001. **Diklat kuliah Pengendali Banjir**. Semarang: Universitas Diponogoro.

Suhartanto, Ery. 2008. **Panduan HEC-HMS**. Malang: CV Citra.

Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Yogyakarta: Andi Offset.

Triadmojo, Bambang. 2008. **Hidrologi Terapan**. Jakarta: Beta Offset.

USACE. 2000. **HEC-HMS Technical Reference Manual**. USA: HEC-HMS.

USACE. 2013. **HEC-HMS User's Manual**. USA: HEC-HMS.

USACE. 2010. **HEC-RAS Technical Reference Manual**. USA: HEC-RAS.

USACE. 2010. **HEC-RAS User's Manual**. USA: HEC-RAS.

Lampiran 1

Tabel L1. Hidrograf Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran PUH 5 Tahun

Jam	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00 - 24.00
T1	0	1.1	0.9	0.5	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0.3	0.6	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0.9	0.7	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0.3	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T7	0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T9	0	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T10	0	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T11	0	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T12	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T13	0	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T14	0	1	1	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T15	0	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T16	0	0.4	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T17	0	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T18	0	0.5	1	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
T19	0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T20	0	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T21	0	0.7	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T22	0	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran 2

Tabel L2. Hidrograf Saluran Tersier DAS Kali Kepiting PUH 5 Tahun

Jam	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00 - 24:00
T37	0	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T38	0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T39	0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T40	0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T41	0	0.4	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T42	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T43	0	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T44	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T45	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T46	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T47	0	1.2	0.8	0.5	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T48	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T49	0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T50	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T51	0	0.6	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T52	0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T53	0	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
T54	0	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T55	0	0.7	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T56	0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T57	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T58	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0

T59	0	0.6	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T60	0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T61	0	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T62	0	1	0.7	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T63	0	1.2	0.9	0.5	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
T64	0	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T65	0	0.5	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
T66	0	0.4	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T67	0	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T68	0	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T69	0	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T70	0	0.2	0.7	0.7	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0
T71	0	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T72	0	0.7	1	0.7	0.5	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T73	0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T74	0	0.2	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T75	0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T76	0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T77	0	0.6	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T78	0	0.1	0.5	0.7	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0
T79	0	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
T80	0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
T81	0	0.6	1.2	1	0.7	0.5	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
T82	0	0.6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0

T83	0	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T84	0	0.5	0.7	0.5	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
T85	0	0.6	1.1	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
T86	0	0.1	1.6	2.7	2.8	2.3	1.7	1.1	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1
B10	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B11	0	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B12	0	0.3	0.7	0.5	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
B13	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B14	0	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B15	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B16	0	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B17	0	0.3	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
B18	0	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B19	0	0.6	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
B20	0	2.9	3.8	2.3	1.6	0.8	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
B21	0	1.1	1.3	0.8	0.5	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0
B22	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B23	0	0.1	0.5	0.6	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0
B24	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B25	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B26	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B27	0	0.9	0.7	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B28	0	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B29	0	0.3	0.6	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0

B30	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B31	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B32	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B33	0	0.3	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B34	0	0.5	0.6	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
B35	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran 3

Tabel L3. Hidrograf + Baseflow Saluran Tersier DAS Kali Kenjeran PUH 5 Tahun

Jam	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00 - 24:00
T1	0.33	1.43	1.23	0.83	0.73	0.53	0.43	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
T2	0.21	0.91	0.71	0.51	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T3	0.18	0.48	0.78	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T4	0.27	1.17	0.97	0.67	0.57	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
T5	0.12	0.52	0.42	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T6	0.12	0.42	0.52	0.32	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T7	0.18	0.68	0.78	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T8	0.09	0.39	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
T9	0.21	0.91	0.81	0.61	0.51	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T10	0.15	0.65	0.65	0.45	0.35	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T11	0.21	0.91	0.71	0.51	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T12	0.12	0.52	0.52	0.32	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T13	0.12	0.52	0.42	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T14	0.3	1.3	1.3	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T15	0.21	0.91	0.71	0.51	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T16	0.21	0.61	0.91	0.71	0.51	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T17	0.18	0.78	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T18	0.3	0.8	1.3	1.2	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T19	0.12	0.52	0.52	0.42	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T20	0.18	0.78	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T21	0.27	0.97	1.17	0.87	0.67	0.47	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
T22	0.12	0.52	0.42	0.32	0.22	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

[illegible]

Lampiran 4

Tabel L4. Hidrograf + Baseflow Saluran Tersier DAS Kali Kepiting PUH 5 Tahun

Jam	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00 - 24.00
T37	0.12	0.52	0.42	0.32	0.22	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T38	0.18	0.68	0.78	0.58	0.48	0.28	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T39	0.15	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T40	0.18	0.68	0.78	0.58	0.48	0.28	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T41	0.18	0.58	0.78	0.68	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T42	0.12	0.52	0.52	0.32	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T43	5:45	1.04	0.74	0.54	0.44	0.34	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
T44	1:26	0.26	0.16	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
T45	0:43	0.13	0.13	0.13	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
T46	2:52	0.52	0.52	0.32	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T47	8:38	1.56	1.16	0.86	0.66	0.46	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
T48	2:09	0.29	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
T49	1:26	0.16	0.26	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
T50	1:26	0.26	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
T51	5:02	0.81	0.91	0.71	0.51	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T52	4:19	0.68	0.78	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T53	2:52	0.22	0.42	0.52	0.42	0.32	0.22	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T54	3:36	0.65	0.55	0.35	0.35	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T55	6:28	0.97	1.17	0.87	0.67	0.47	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
T56	2:09	0.29	0.39	0.29	0.29	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
T57	1:26	0.26	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
T58	2:09	0.39	0.29	0.19	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

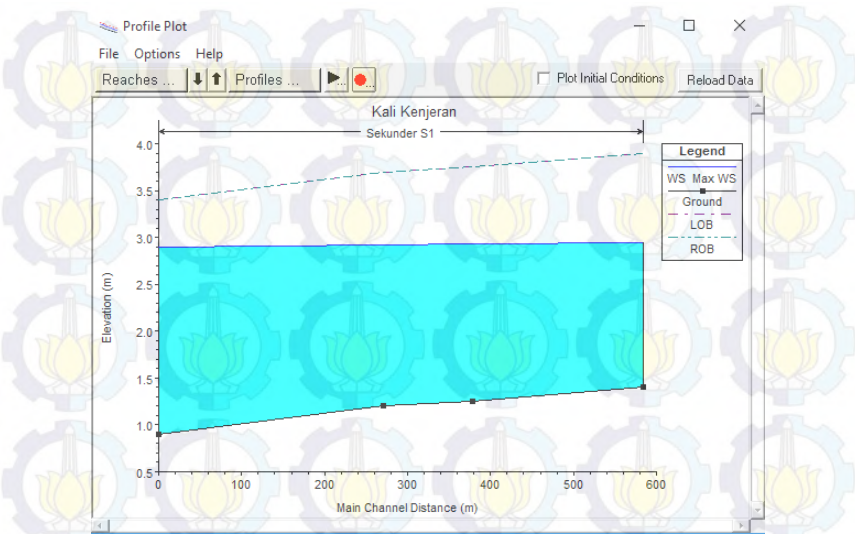
T59	4:19	0.78	0.58	0.38	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T60	4:19	0.68	0.78	0.58	0.48	0.28	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T61	1:26	0.16	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
T62	7:12	1.3	1	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T63	8:38	1.56	1.26	0.86	0.76	0.56	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
T64	2:52	0.32	0.52	0.42	0.42	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T65	7:12	0.8	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T66	3:36	0.55	0.65	0.55	0.35	0.25	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T67	2:52	0.42	0.52	0.42	0.32	0.22	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T68	0.15	0.55	0.65	0.45	0.35	0.25	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T69	0.15	0.45	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
T70	0.21	0.41	0.91	0.91	0.71	0.61	0.41	0.31	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T71	0.18	0.78	0.68	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T72	0.3	1	1.3	1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T73	0.06	0.16	0.26	0.16	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
T74	0.12	0.32	0.52	0.42	0.32	0.22	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T75	0.09	0.29	0.39	0.29	0.29	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
T76	0.09	0.39	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
T77	0.18	0.78	0.78	0.58	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T78	0.21	0.31	0.71	0.91	0.71	0.61	0.41	0.31	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T79	0.18	0.78	0.68	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T80	0.18	0.48	0.78	0.68	0.58	0.38	0.28	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T81	0.36	0.96	1.56	1.36	1.06	0.86	0.56	0.46	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
T82	0.3	0.9	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

T83	0.12	0.32	0.52	0.42	0.32	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
T84	0.21	0.71	0.91	0.71	0.61	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
T85	0.33	0.93	1.43	1.23	0.93	0.73	0.53	0.43	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
T86	0.84	0.94	2.44	3.54	3.64	3.14	2.54	1.94	1.54	1.24	1.04	0.94	0.94	0.94
B10	0.09	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
B11	0.06	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
B12	0.21	0.51	0.91	0.71	0.61	0.41	0.31	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
B13	0.09	0.29	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
B14	0.12	0.42	0.52	0.42	0.32	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
B15	0.06	0.26	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
B16	0.15	0.55	0.65	0.45	0.35	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
B17	0.18	0.48	0.78	0.68	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
B18	0.24	1.04	0.74	0.54	0.44	0.34	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
B19	0.27	0.87	1.17	0.87	0.67	0.47	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
B20	1.14	4.04	4.94	3.44	2.74	1.94	1.44	1.24	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
B21	0.39	1.49	1.69	1.19	0.89	0.69	0.49	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
B22	0.06	0.26	0.26	0.16	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
B23	0.18	0.28	0.68	0.78	0.78	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
B24	0.09	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
B25	0.09	0.29	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
B26	0.09	0.39	0.29	0.19	0.19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
B27	0.27	1.17	0.97	0.67	0.57	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
B28	0.15	0.55	0.65	0.45	0.35	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
B29	0.18	0.48	0.78	0.78	0.58	0.48	0.28	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

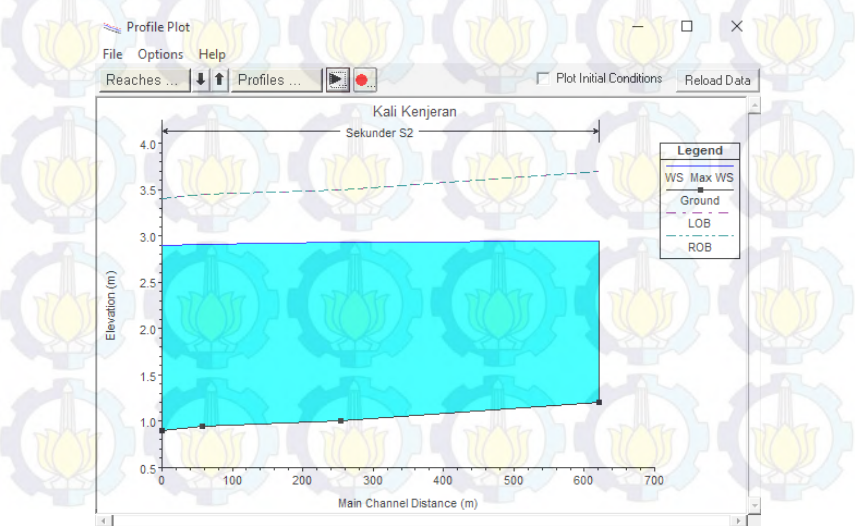
[illegible]

Lampiran 5

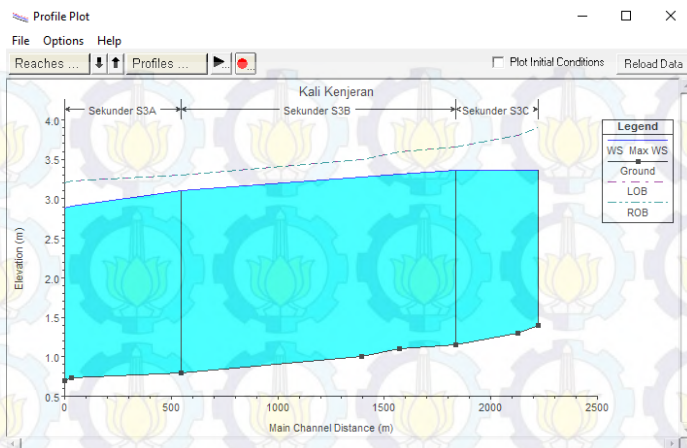
Profil HEC-RAS Saluran Sekunder DAS Kali Kenjeran



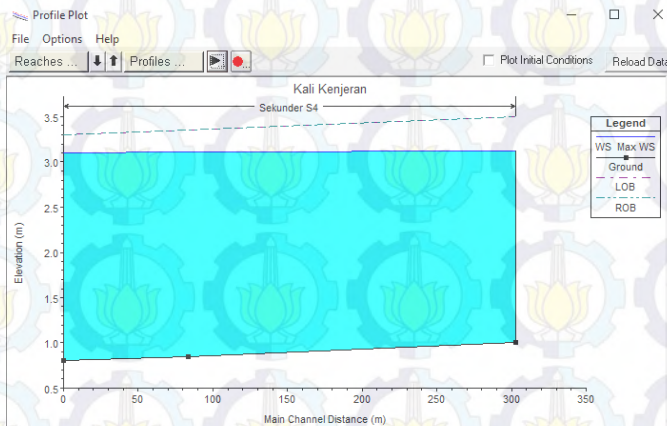
Gambar L1. Profil S1



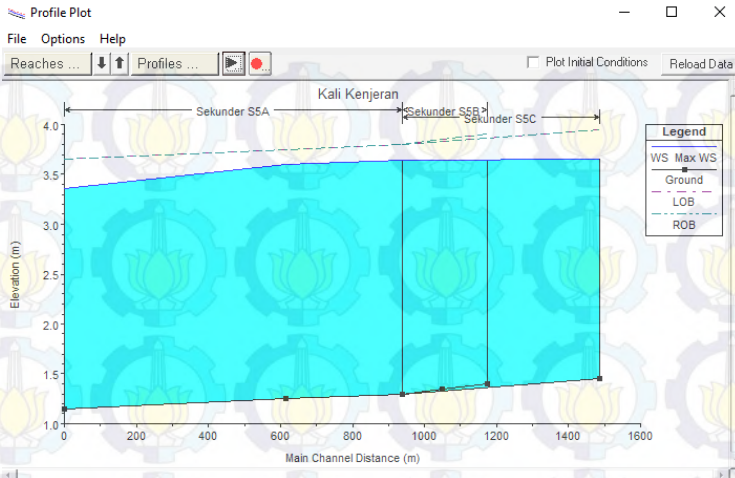
Gambar L2. Profil L2



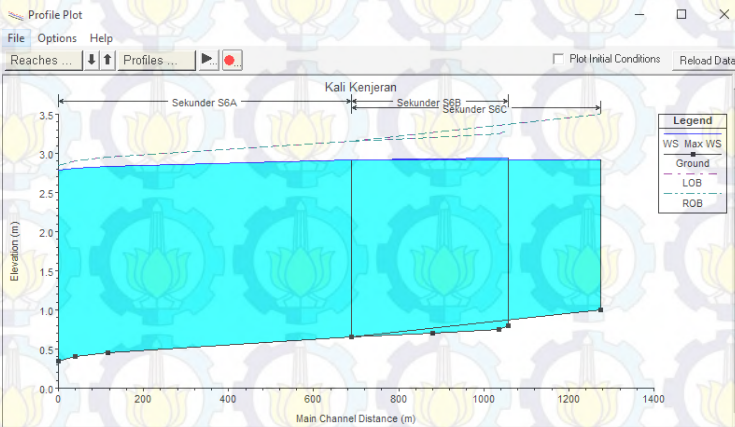
Gambar L3. Profil S3



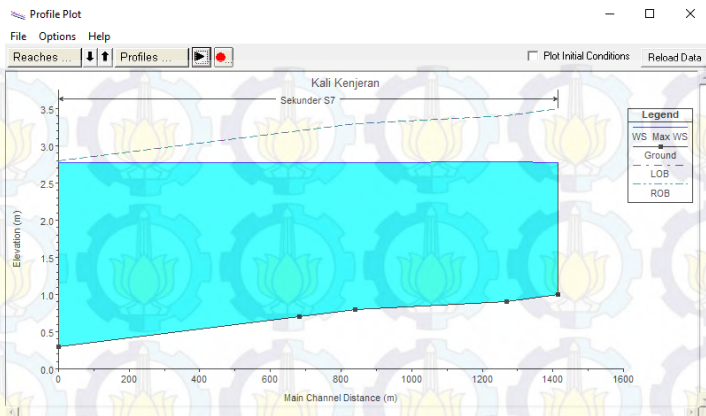
Gambar L4. Profil S4



Gambar L5. Profil S5



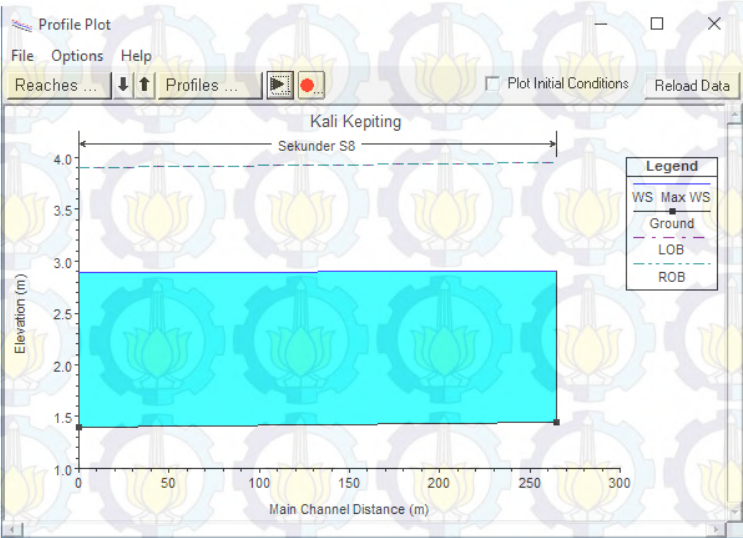
Gambar L6. Profil S6



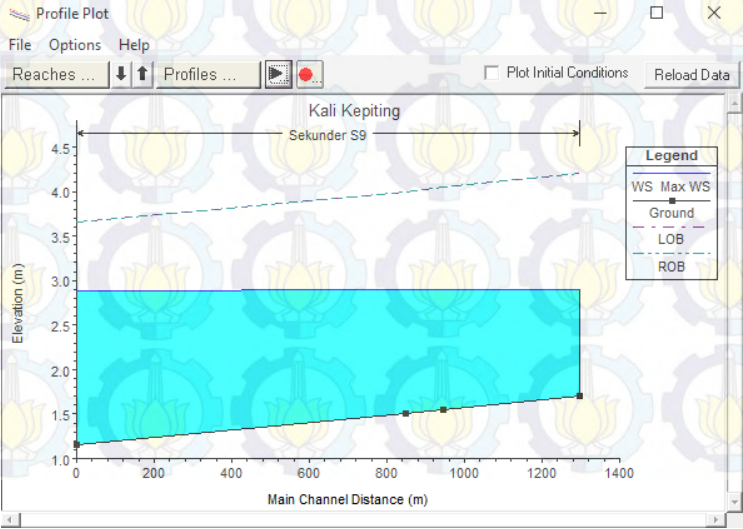
Gambar L7. Profil S7

Lampiran 6

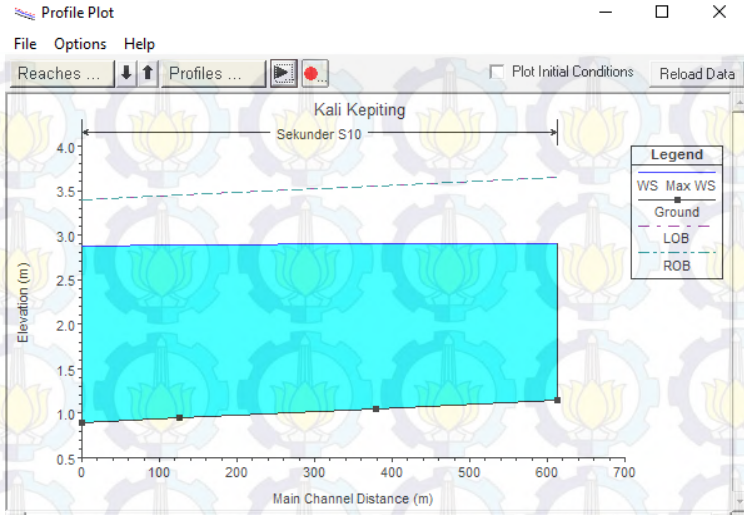
Profil HEC-RAS Saluran Sekunder DAS Kali Kepiting



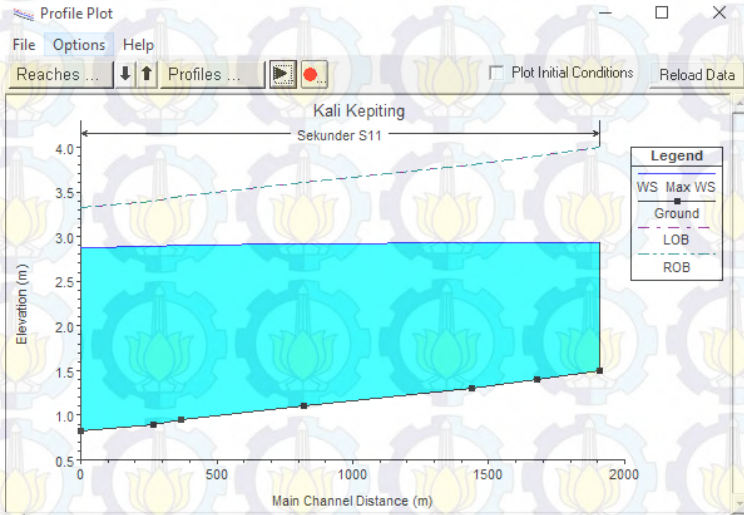
Gambar L8. Profil S8



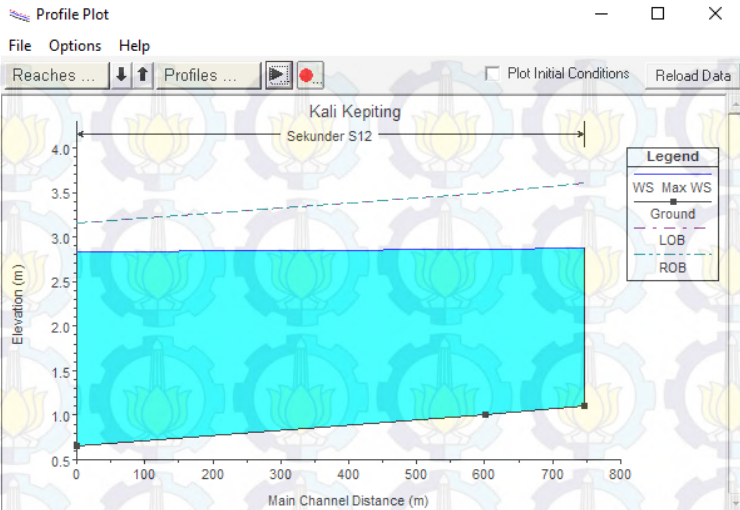
Gambar L9. Profil S9



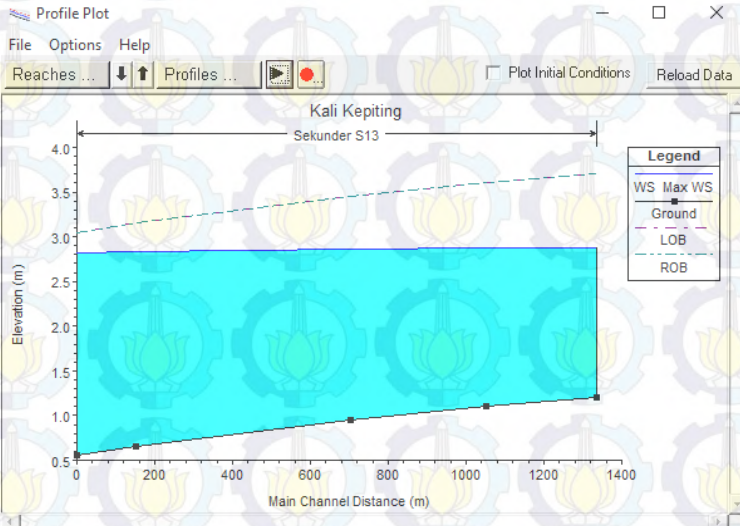
Gambar L10. Profil S10



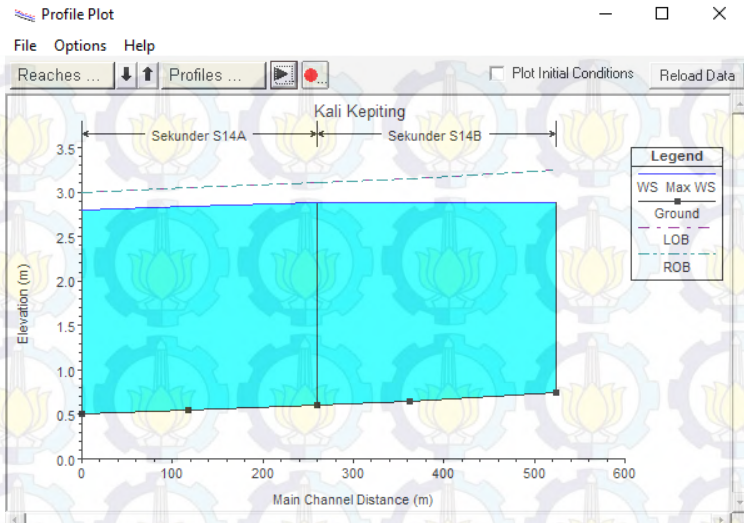
Gambar L11. Profil S11



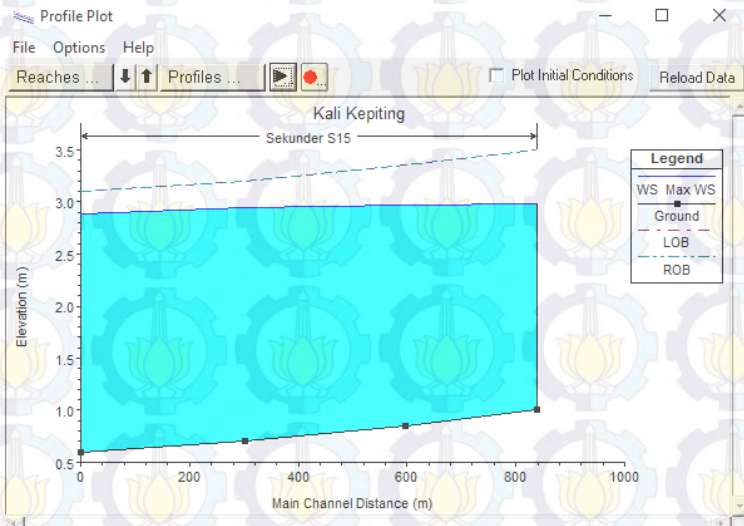
Gambar L12. Profil S12



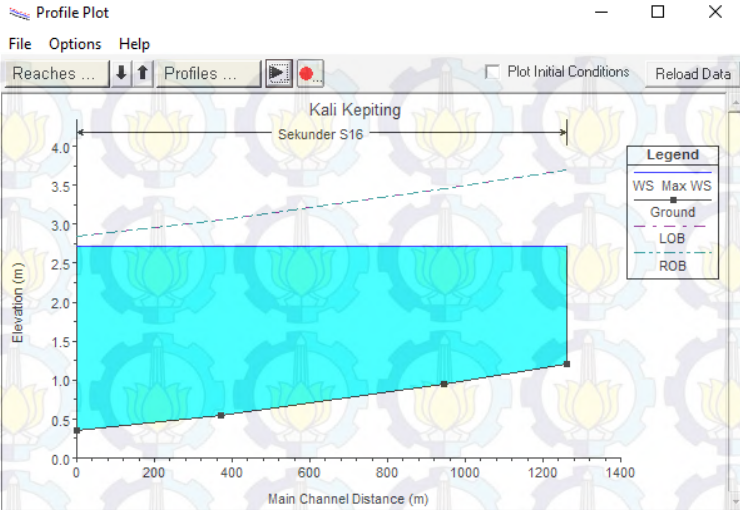
Gambar L13. Profil S13



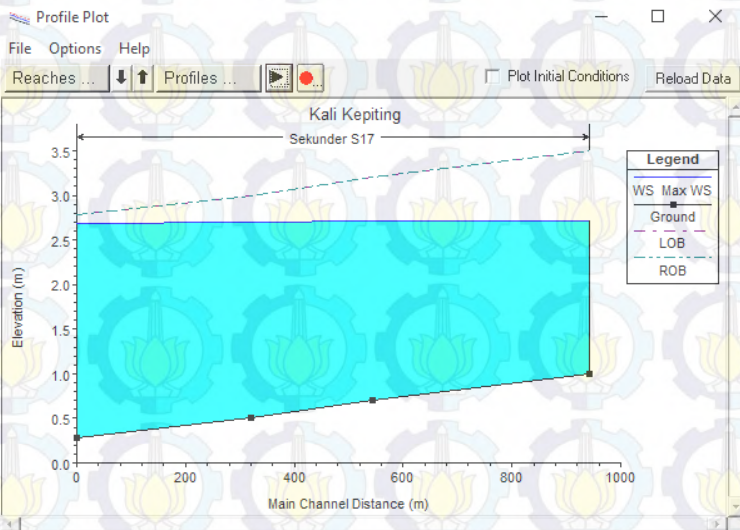
Gambar L14. Profil S14



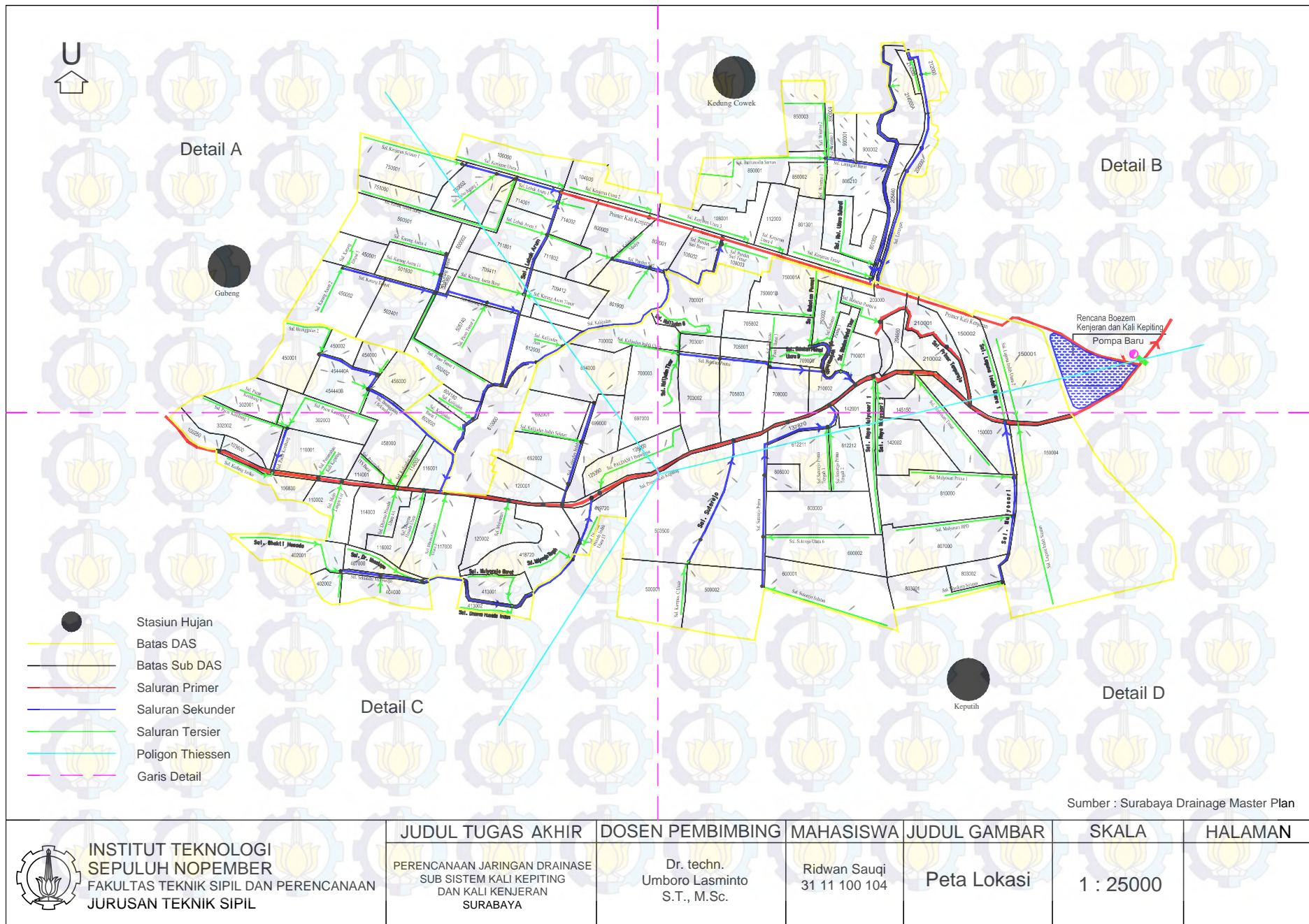
Gambar L15. Profil S15




Gambar L16. Profil S16



Gambar L17. Profil S17



 <p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>Dr. techn. Umboro Lasminto S.T., M.Sc.</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>Ridwan Sauqi 31 11 100 104</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>Peta Lokasi</p>	<p>SKALA</p> <p>1 : 25000</p>	<p>HALAMAN</p>
---	---	---	--	--	-------------------------------	----------------



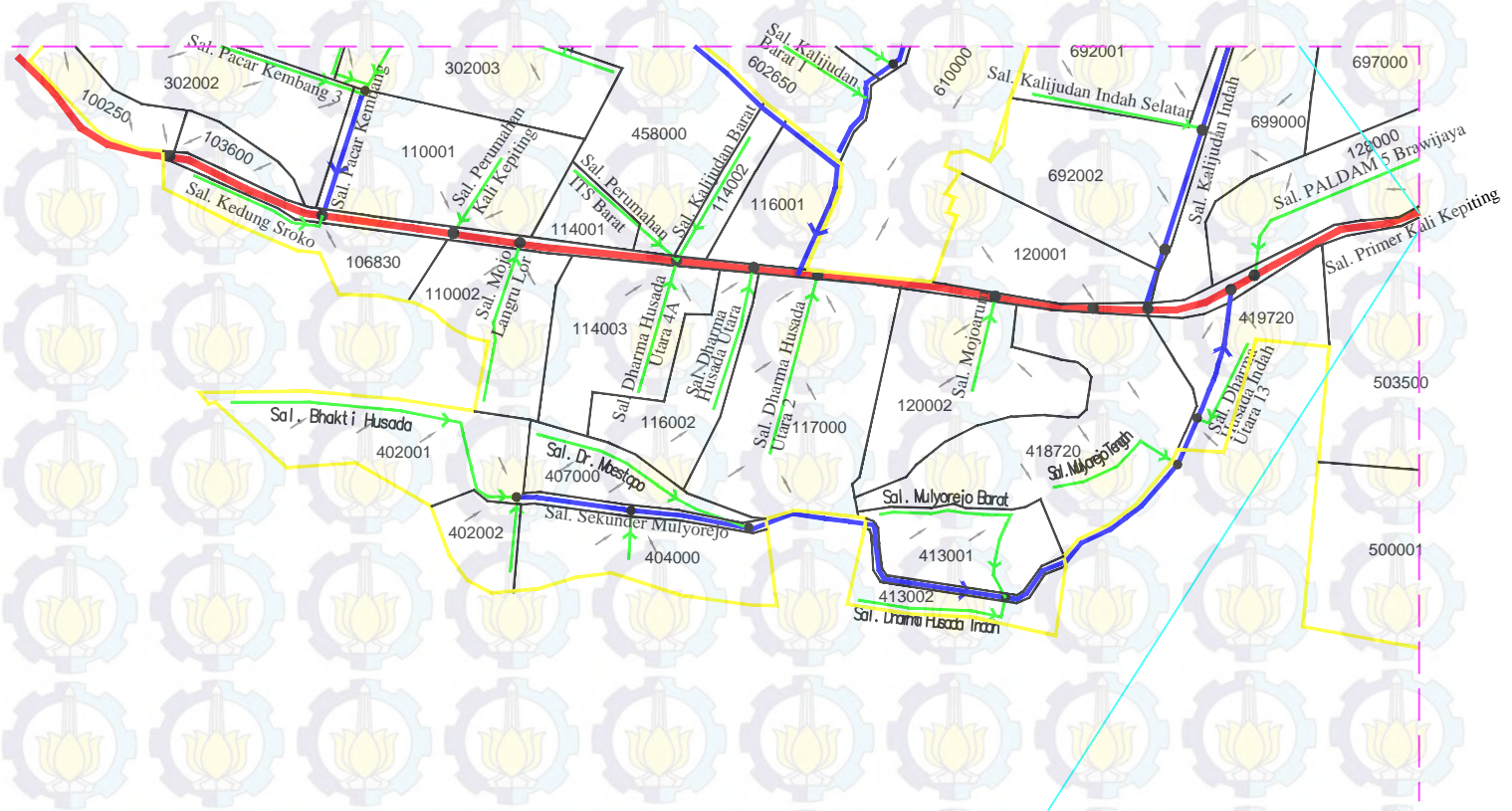
JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

MAHASISWA
Ridwan Sauqi 31 11 100 104

SKALA
1 : 12500

HALAMAN



- Stasiun Hujan
- Batas DAS
- Batas Sub DAS
- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Poligon Thiessen
- Garis Detail

Sumber : Surabaya Drainage Master Plan



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn.
Umbooro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA

Ridwan Sauqi
31 11 100 104

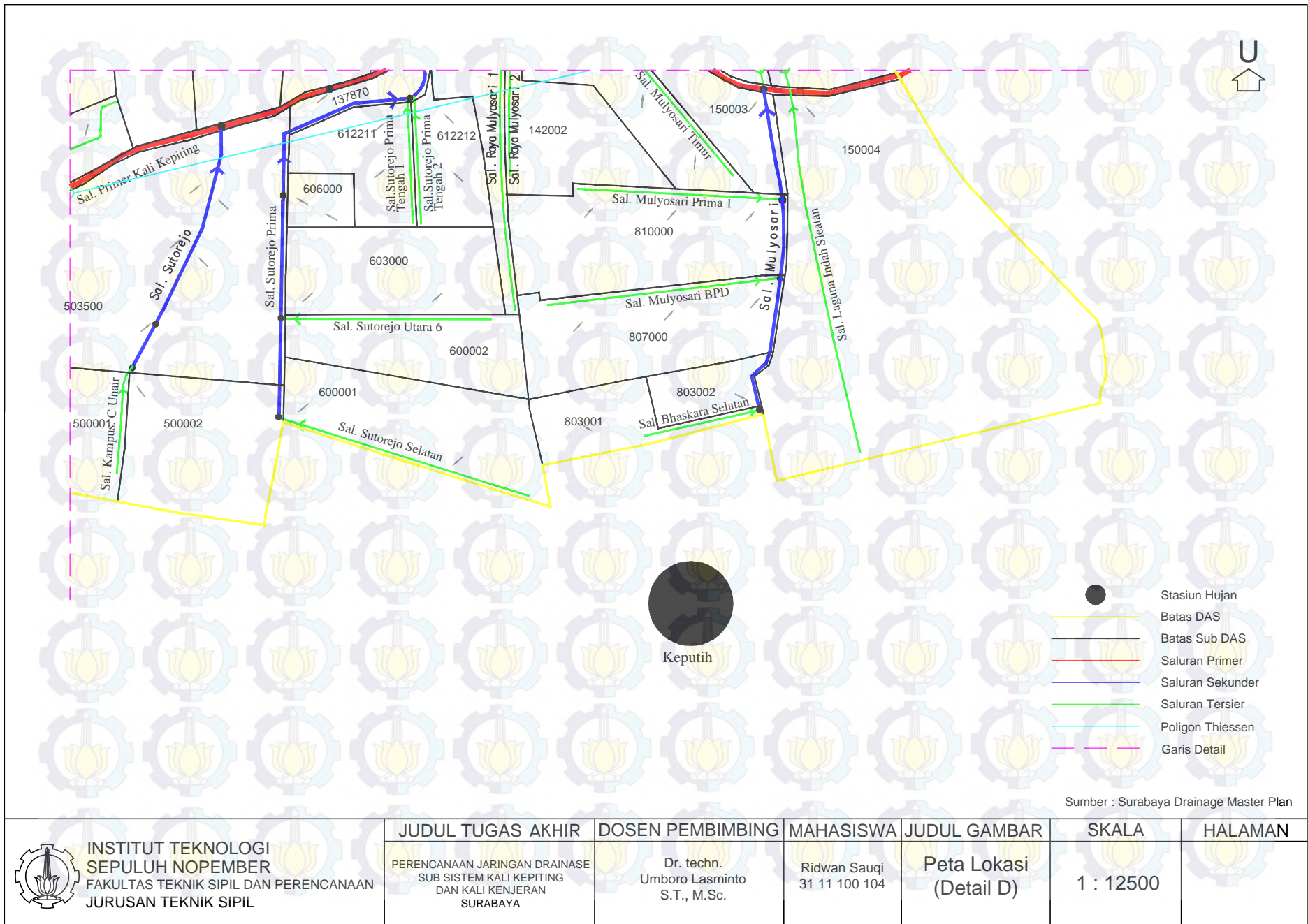
JUDUL GAMBAR

Peta Lokasi
(Detail C)


SKALA

1 : 12500

HALAMAN



Sumber : Surabaya Drainage Master Plan

	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	HALAMAN
		PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasmino S.T., M.Sc.	Ridwan Sauqi 31 11 100 104	Peta Lokasi (Detail D)	1 : 12500	



Detail A

Detail B

Detail C

Detail D

- Batas DAS
- Batas Sub DAS
- Garis Detail
- 0 - 15 cm
- 30 - 50 cm

Sumber : Surabaya Drainage Master Plan



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA

Ridwan Sauqi
31 11 100 104

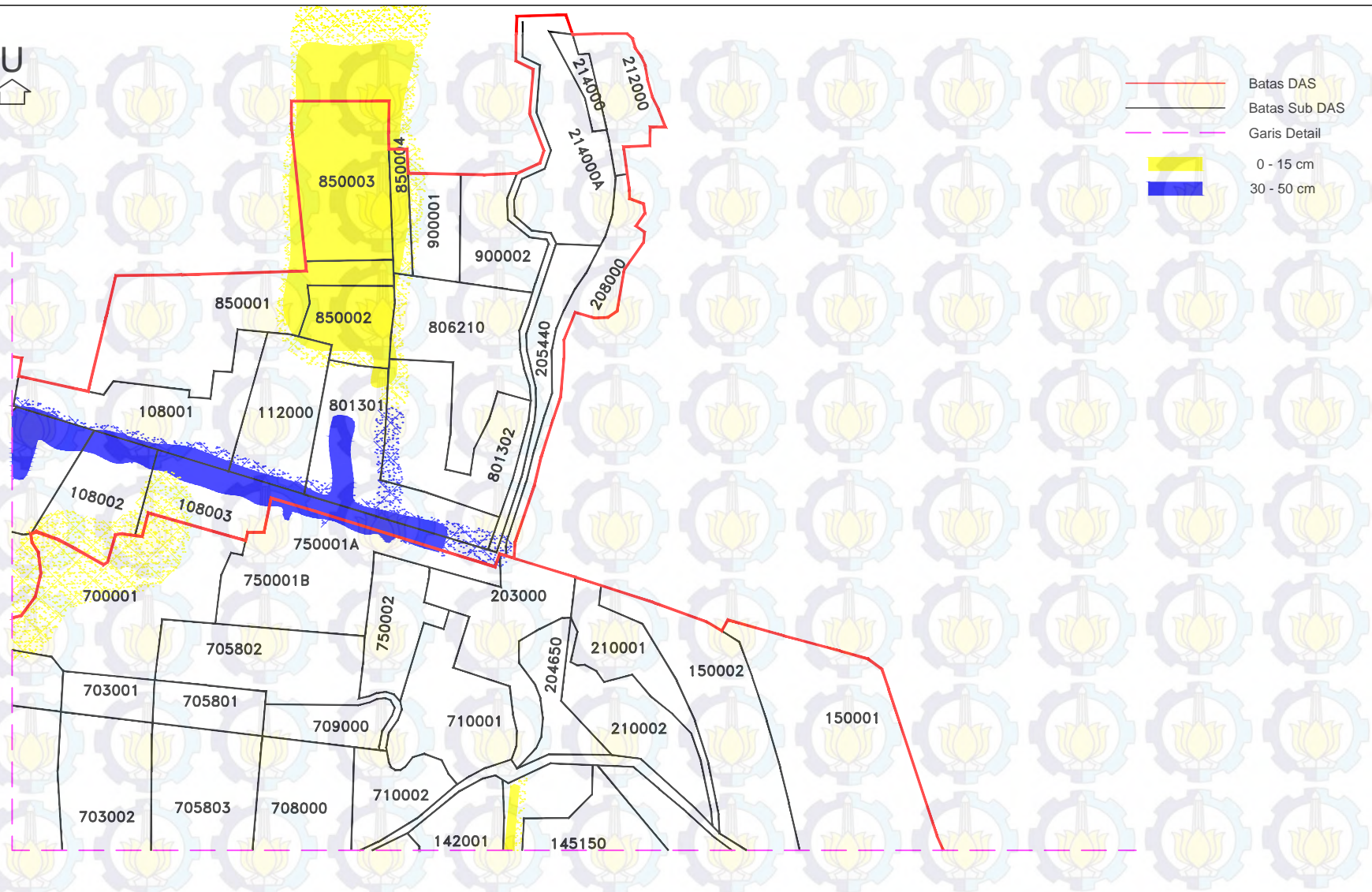
JUDUL GAMBAR

Peta Genangan

SKALA

1 : 25000

HALAMAN



Sumber : Surabaya Drainage Master Plan



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

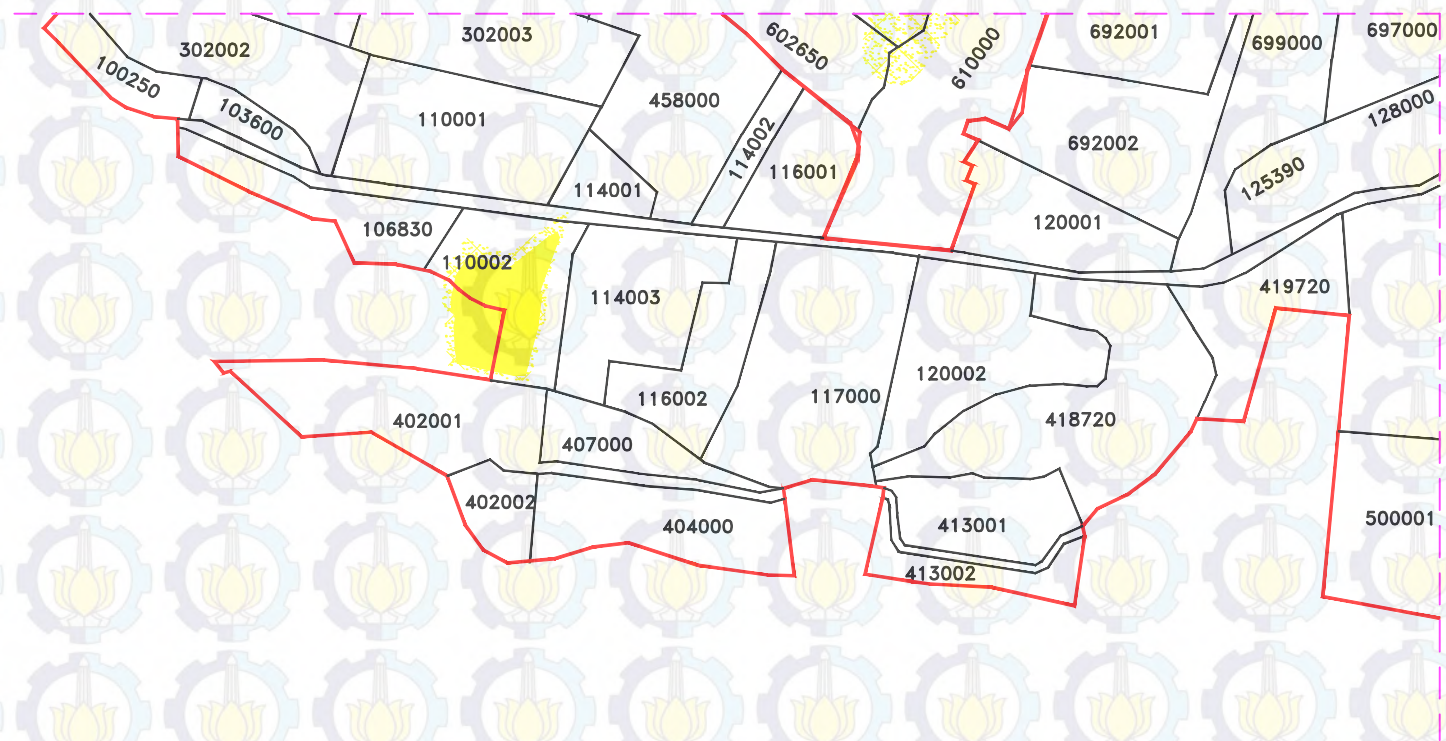
DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR
Peta Genangan
(Detail B)

SKALA
1 : 12500

HALAMAN



- Batas DAS
- Batas Sub DAS
- Garis Detail
- 0 - 15 cm
- 30 - 50 cm

Sumber : Surabaya Drainage Master Plan



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn.
Umboro Lasminto
S.T., M.Sc.

MAHASISWA

Ridwan Sauqi
31 11 100 104

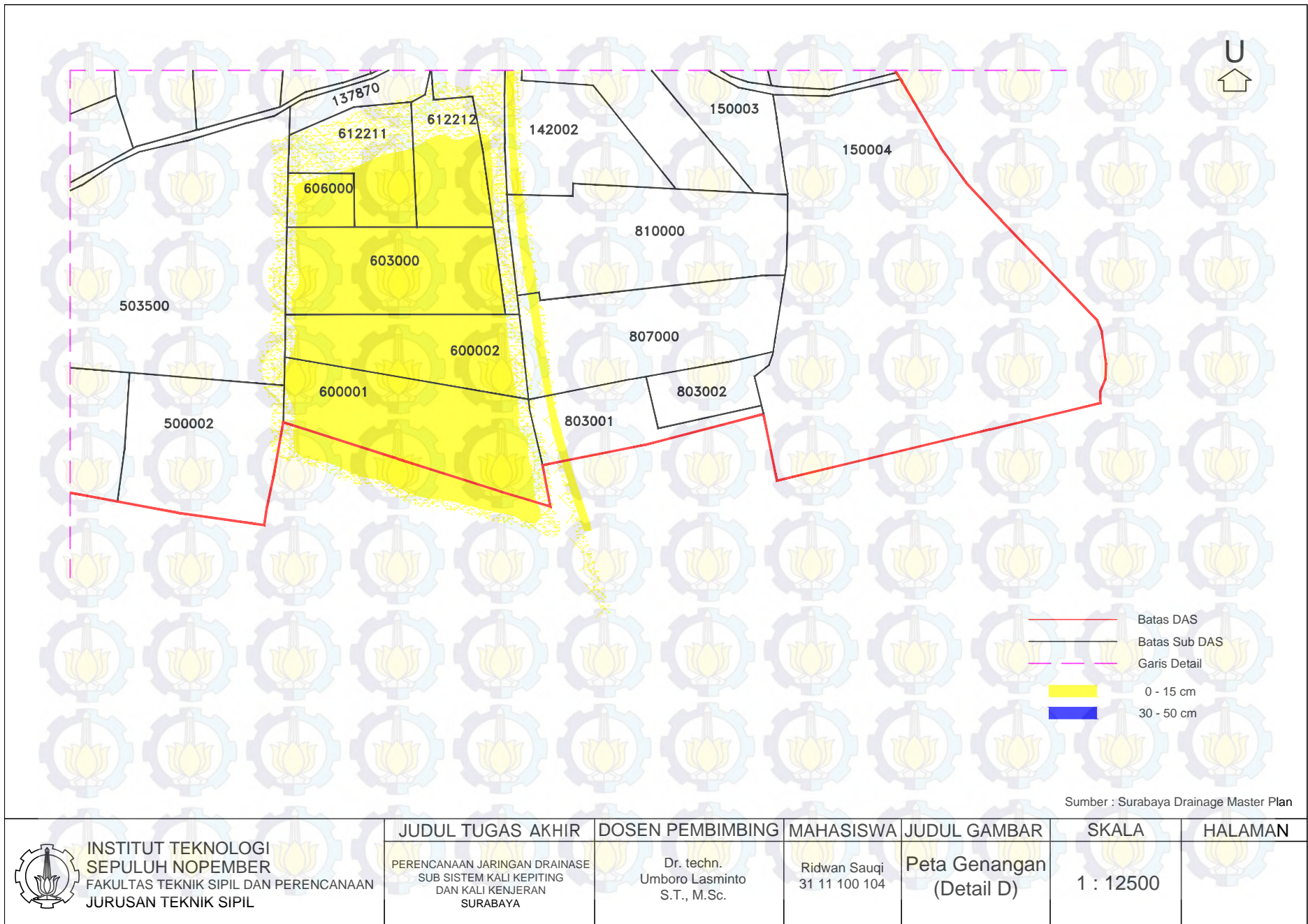
JUDUL GAMBAR

Peta Genangan
(Detail C)

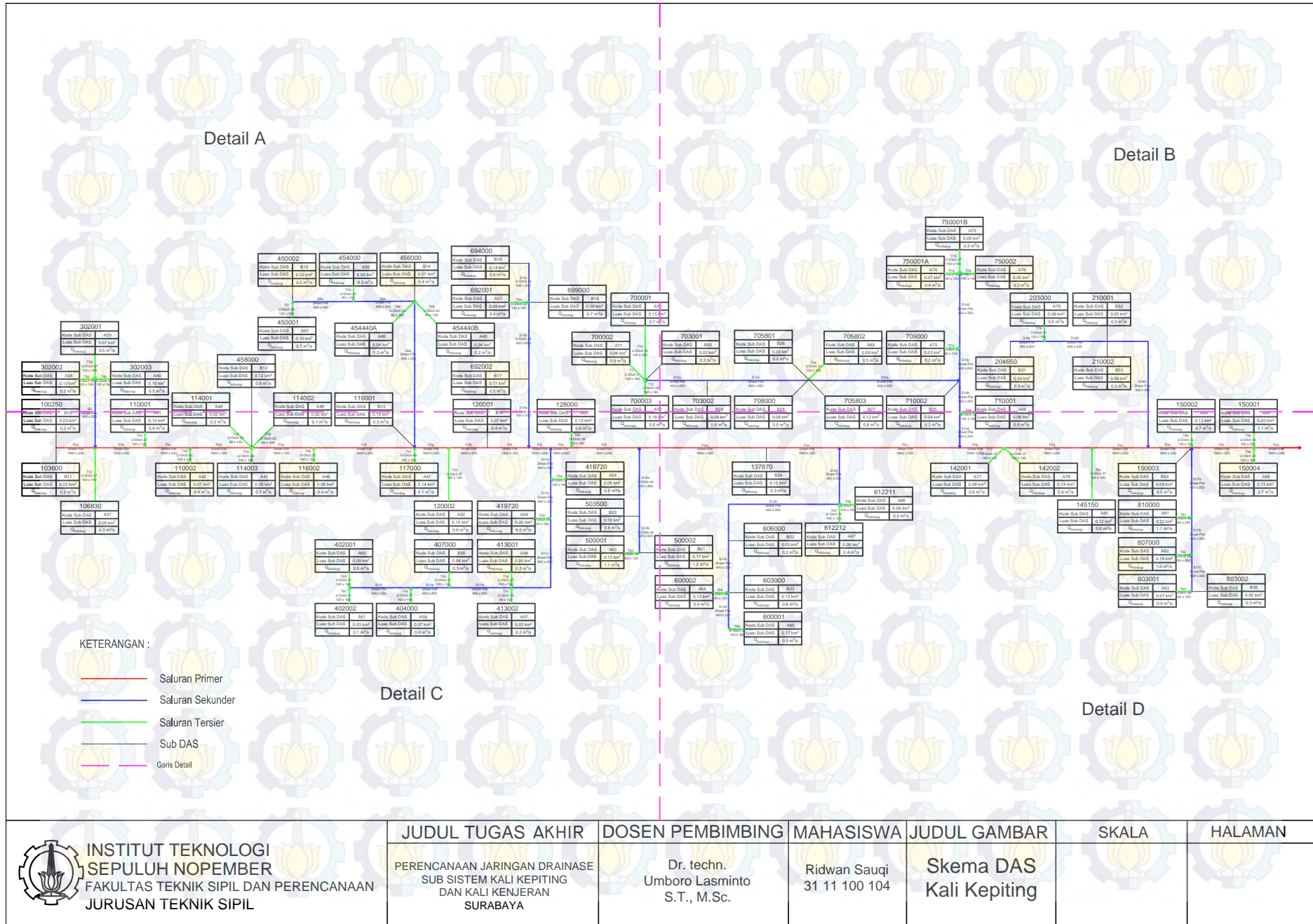
SKALA

1 : 12500

HALAMAN

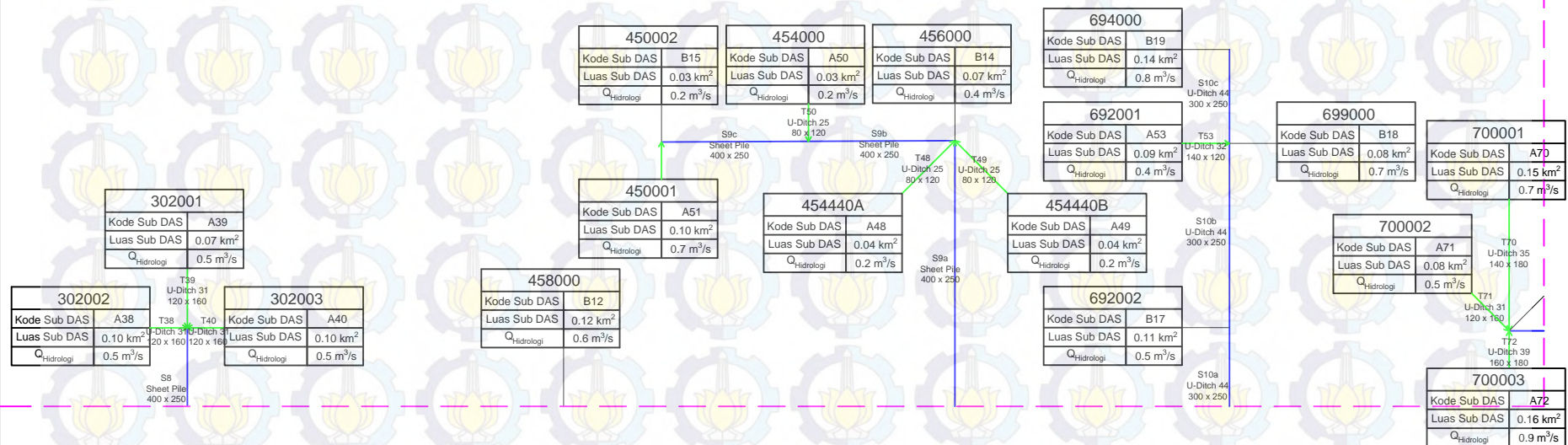


	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	HALAMAN
		PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto S.T., M.Sc.	Ridwan Sauqi 31 11 100 104	Peta Genangan (Detail D)	1 : 12500	



KETERANGAN :

- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS
- Garis Detail



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA

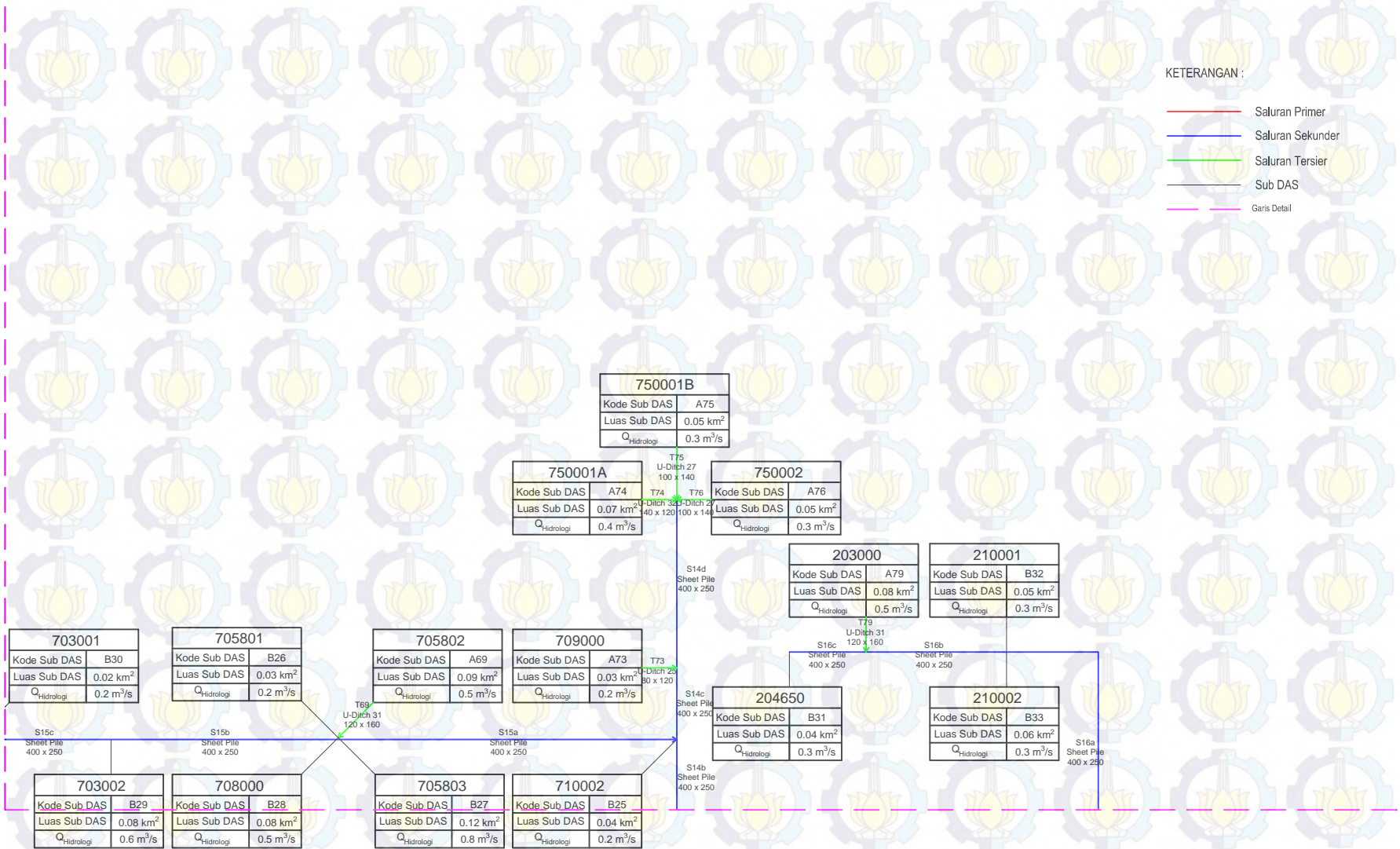
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR

Skema DAS
Kali Kepiting
(Detail A)

SKALA

HALAMAN



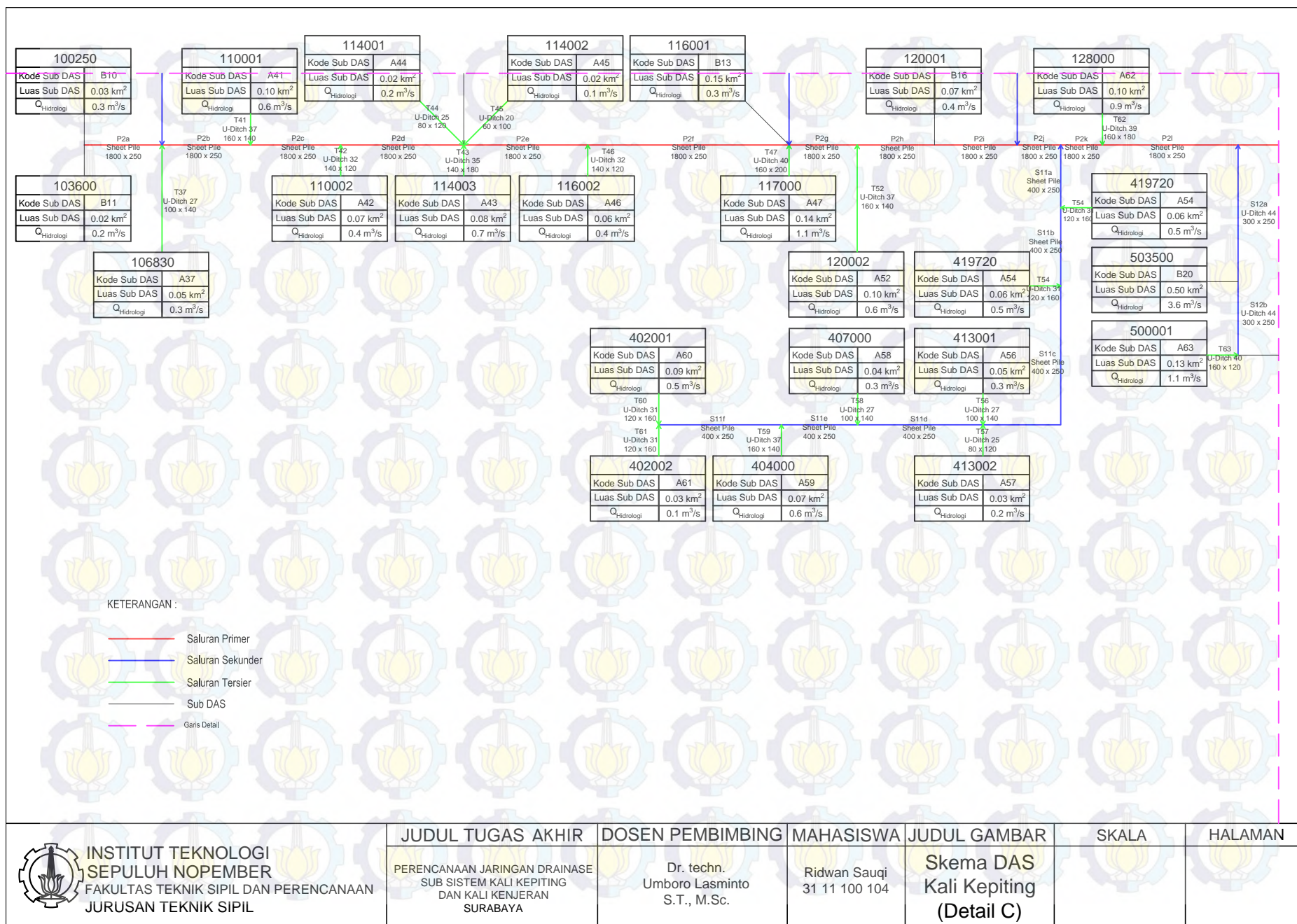
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

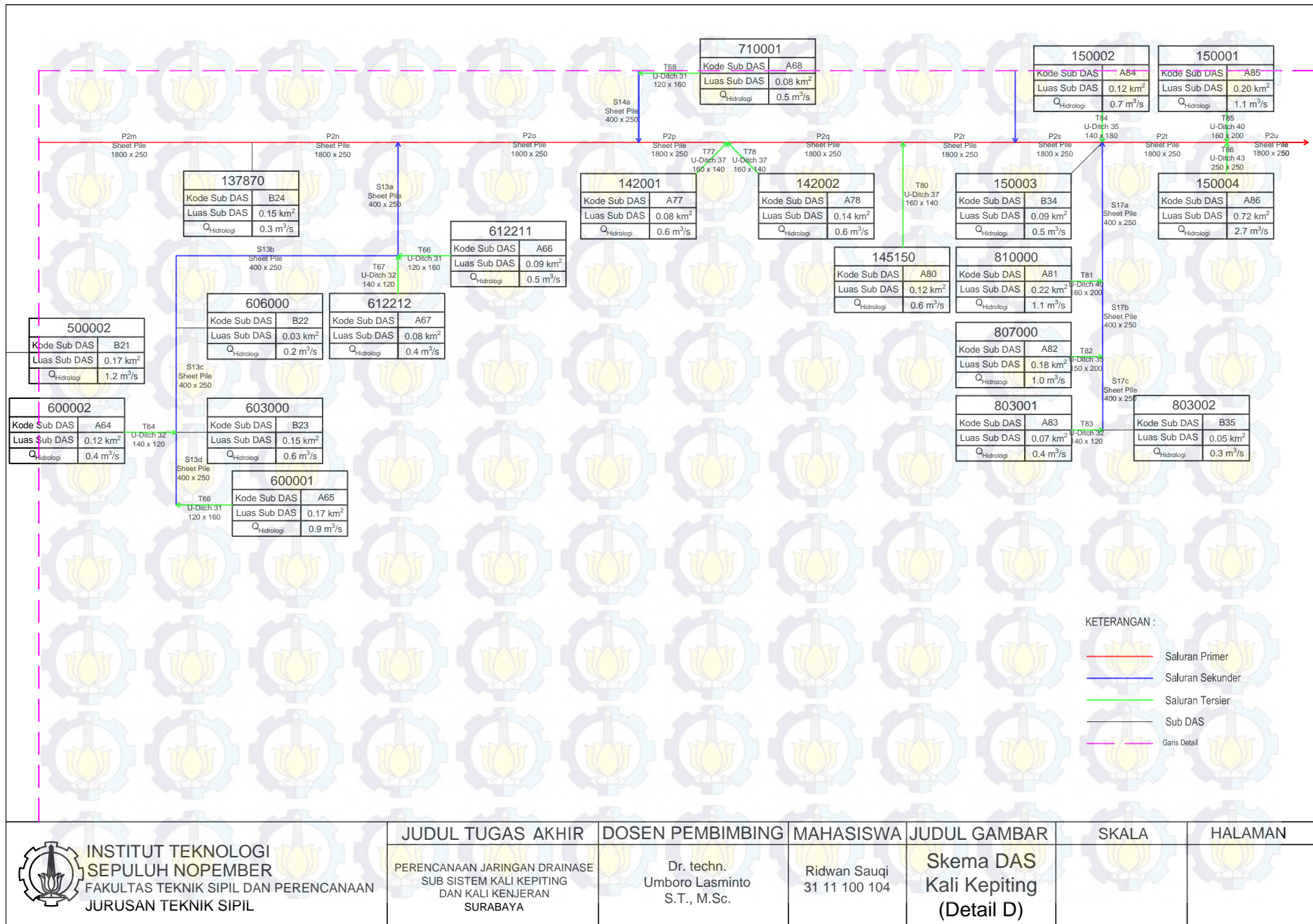
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

Ridwan Sauqi
31 11 100 104

Skema DAS
Kali Kepiting
(Detail B)





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

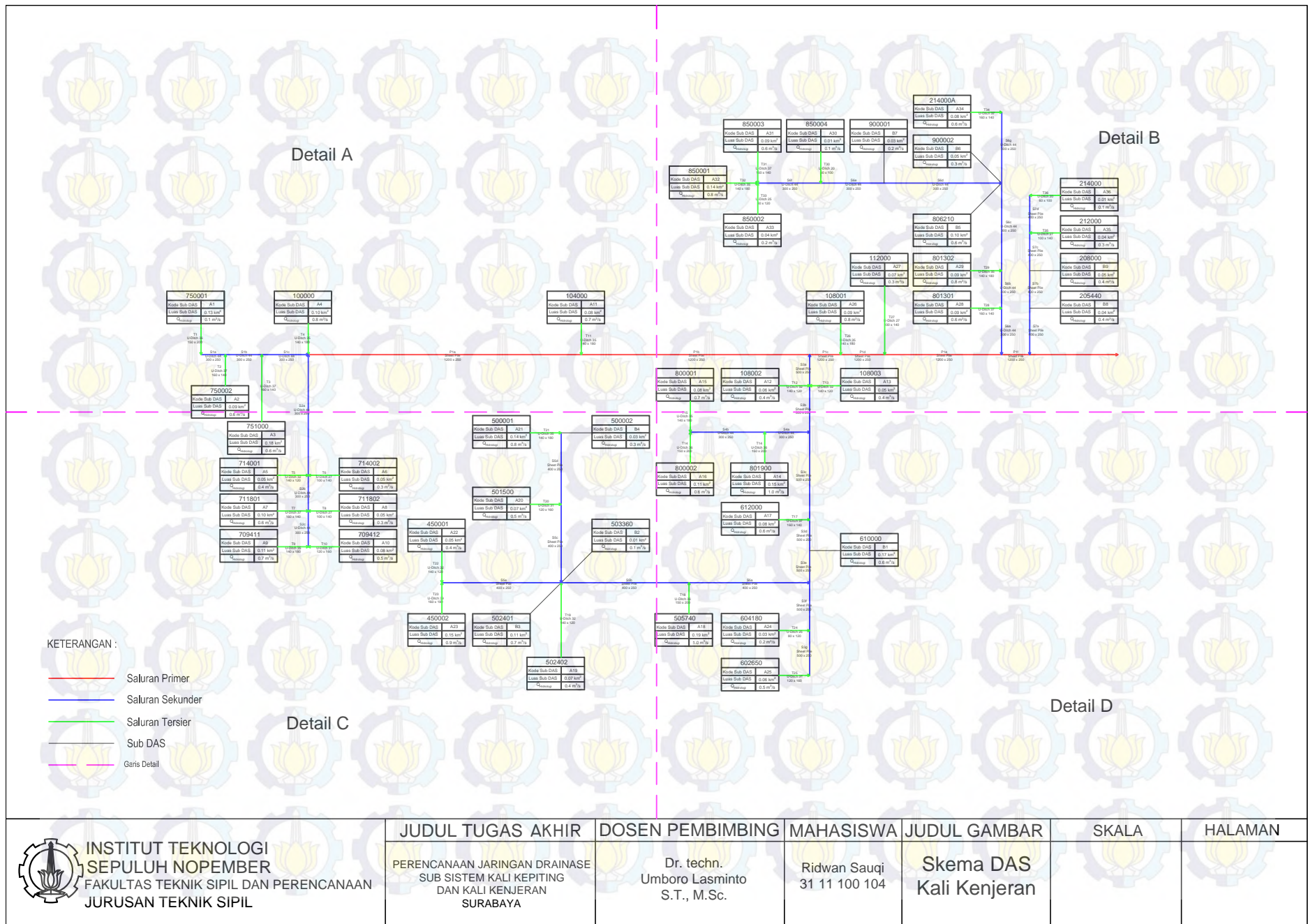
DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR
Skema DAS
Kali Kepiting
(Detail D)

SKALA

HALAMAN



KETERANGAN :

- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS
- Garis Detail

	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	HALAMAN
		PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI KEPITING DAN KALI KENJERAN SURABAYA	Dr. techn. Umbooro Lasminto S.T., M.Sc.	Ridwan Sauqi 31 11 100 104	Skema DAS Kali Kenjeran		

KETERANGAN :

- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS
- Garis Detail

750001	
Kode Sub DAS	A1
Luas Sub DAS	0.13 km ²
Q _{Hidrologi}	0.1 m ³ /s

T1
U-Ditch 36
150 x 200

S1a
U-Ditch 44
300 x 250

T2
U-Ditch 37
160 x 140

750002	
Kode Sub DAS	A2
Luas Sub DAS	0.09 km ²
Q _{Hidrologi}	0.6 m ³ /s

S1b
U-Ditch 44
300 x 250

T3
U-Ditch 37
160 x 140

S1c
U-Ditch 44
300 x 250

S2a
U-Ditch 44
300 x 250

100000	
Kode Sub DAS	A4
Luas Sub DAS	0.10 km ²
Q _{Hidrologi}	0.8 m ³ /s

T4
U-Ditch 35
140 x 180

P1a
Sheet Pile
1200 x 250

104000	
Kode Sub DAS	A11
Luas Sub DAS	0.08 km ²
Q _{Hidrologi}	0.7 m ³ /s

T11
U-Ditch 35
140 x 180



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

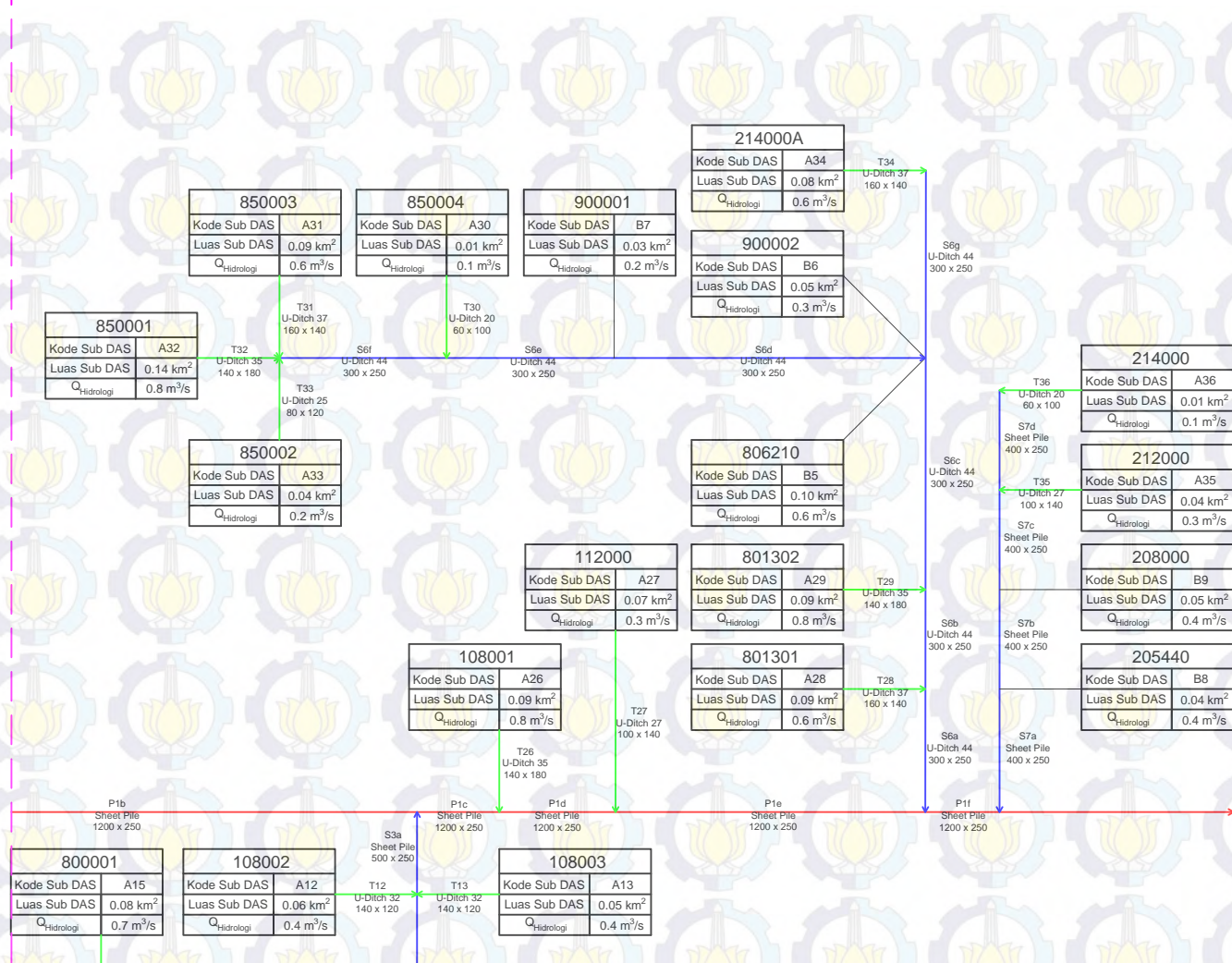
DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR
Skema DAS
Kali Kenjeran
(Detail A)

SKALA

HALAMAN



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

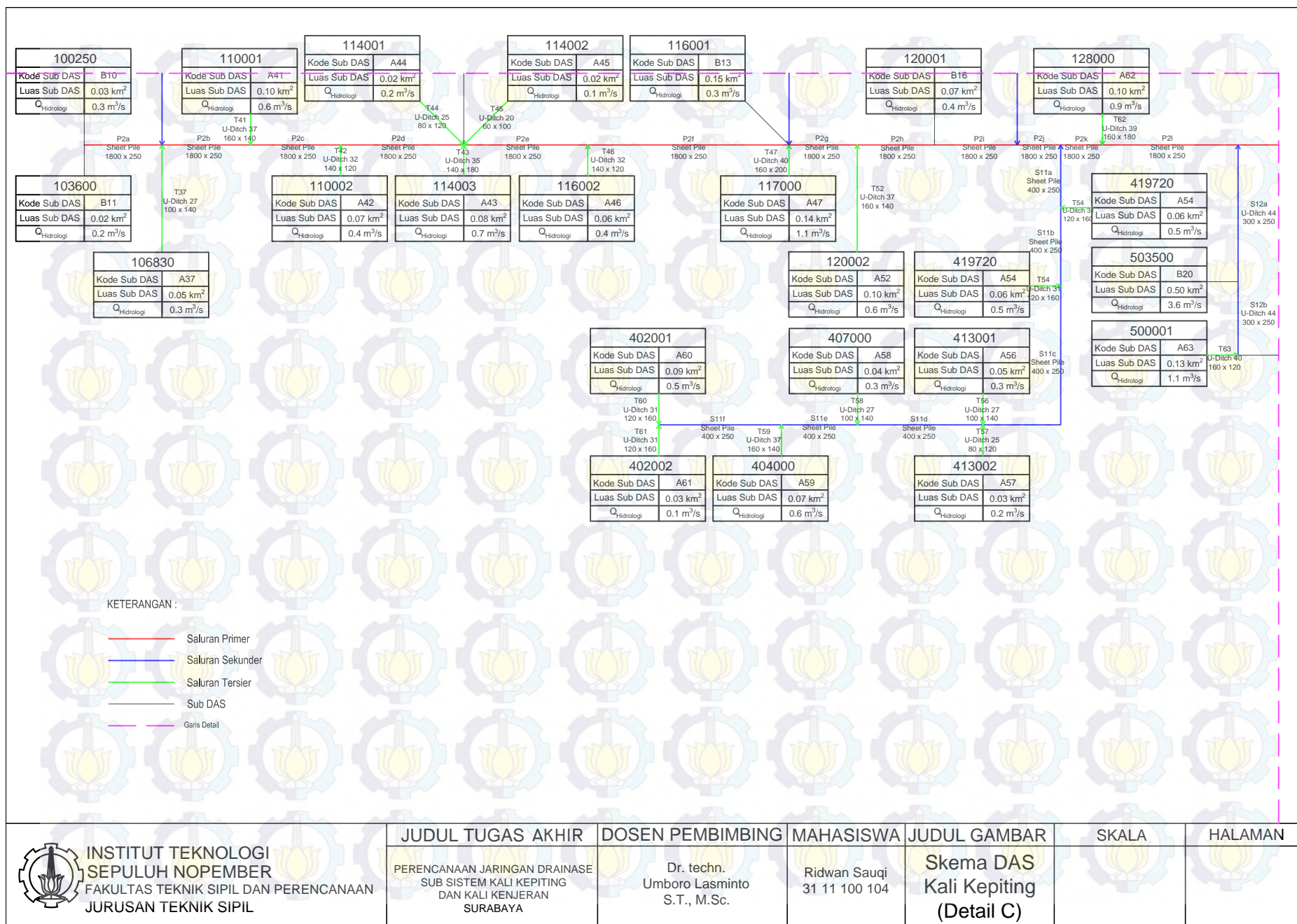
DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umboro Lasminto
S.T., M.Sc.

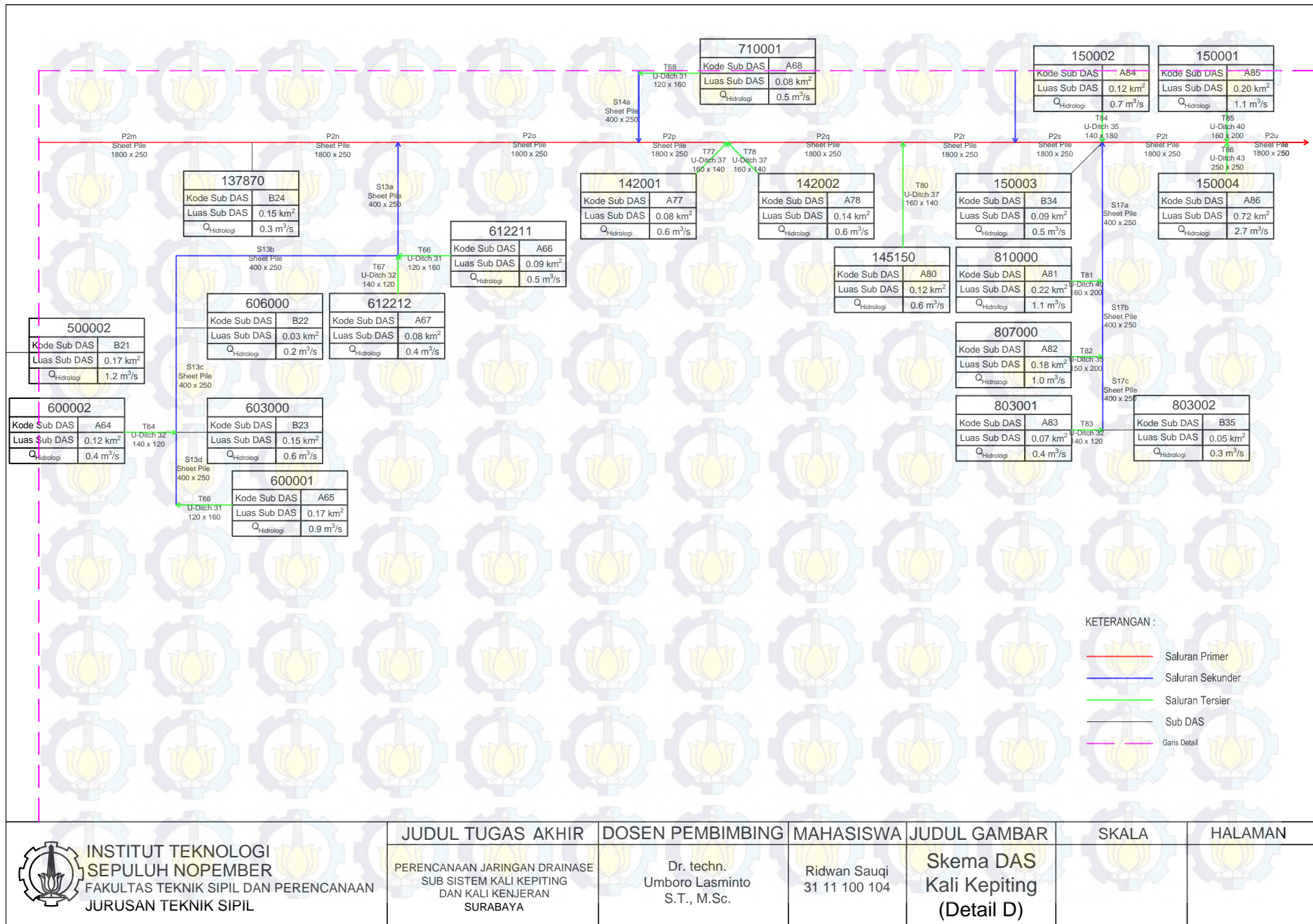
MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

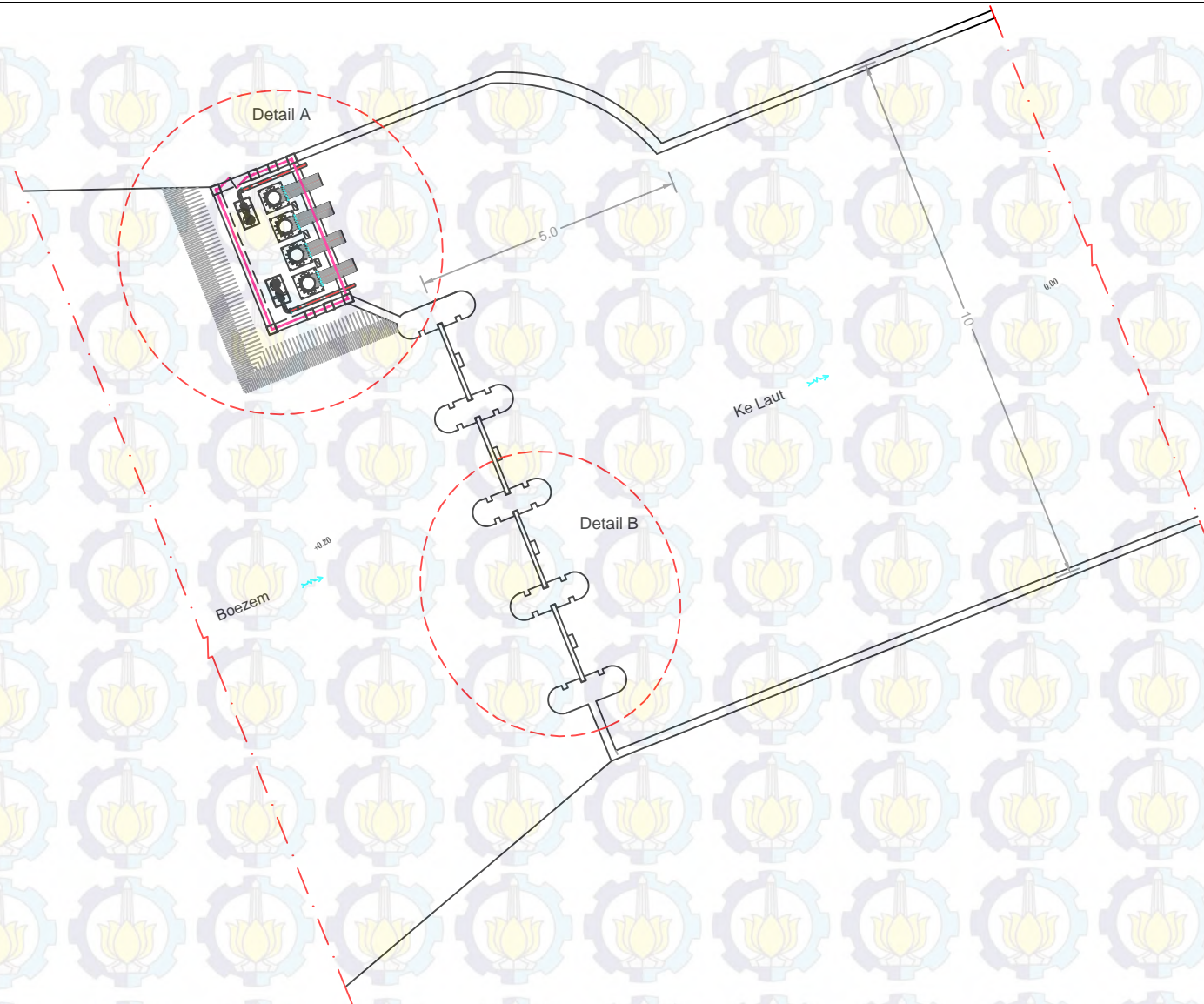
JUDUL GAMBAR
Skema DAS
Kali Kenjeran
(Detail B)

SKALA

HALAMAN







INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

MAHASISWA

Ridwan Sauqi
31 11 100 104

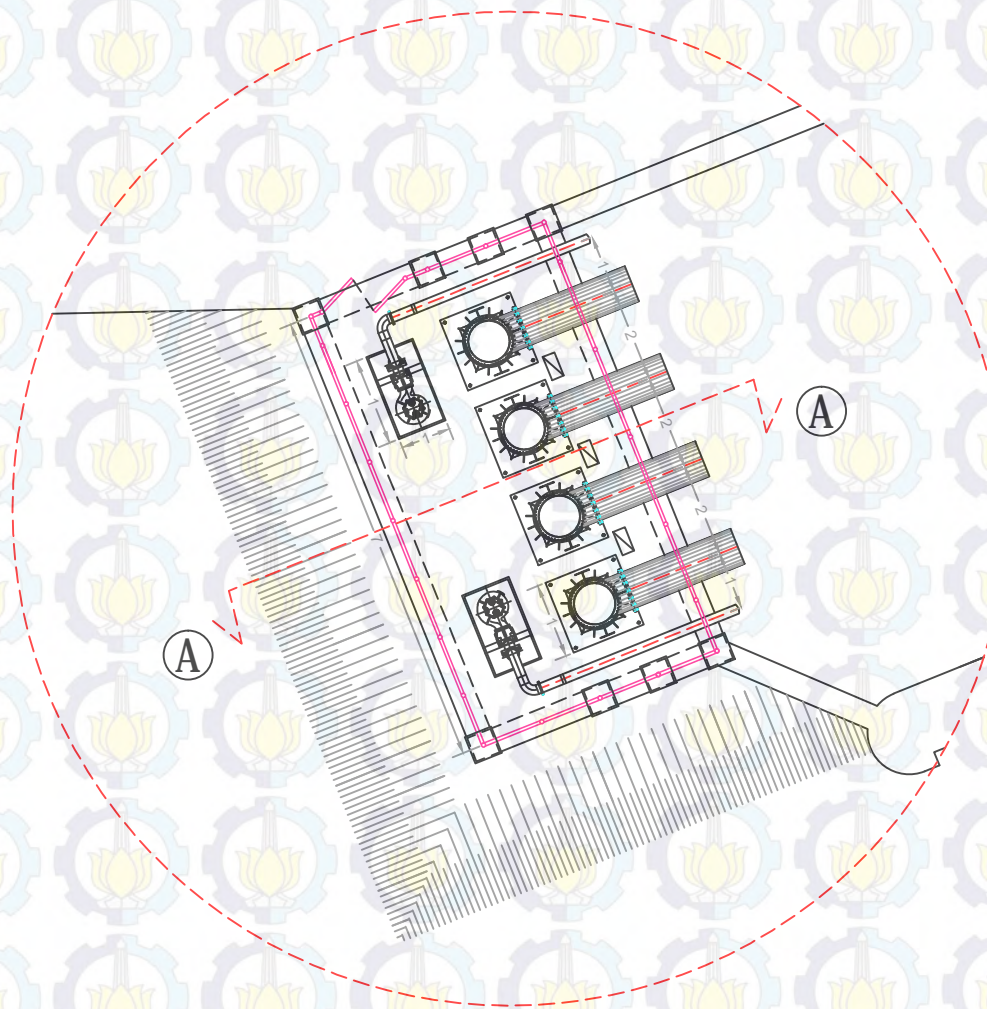
JUDUL GAMBAR

Layout
Pintu dan Pompa

SKALA

1 : 200

HALAMAN



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

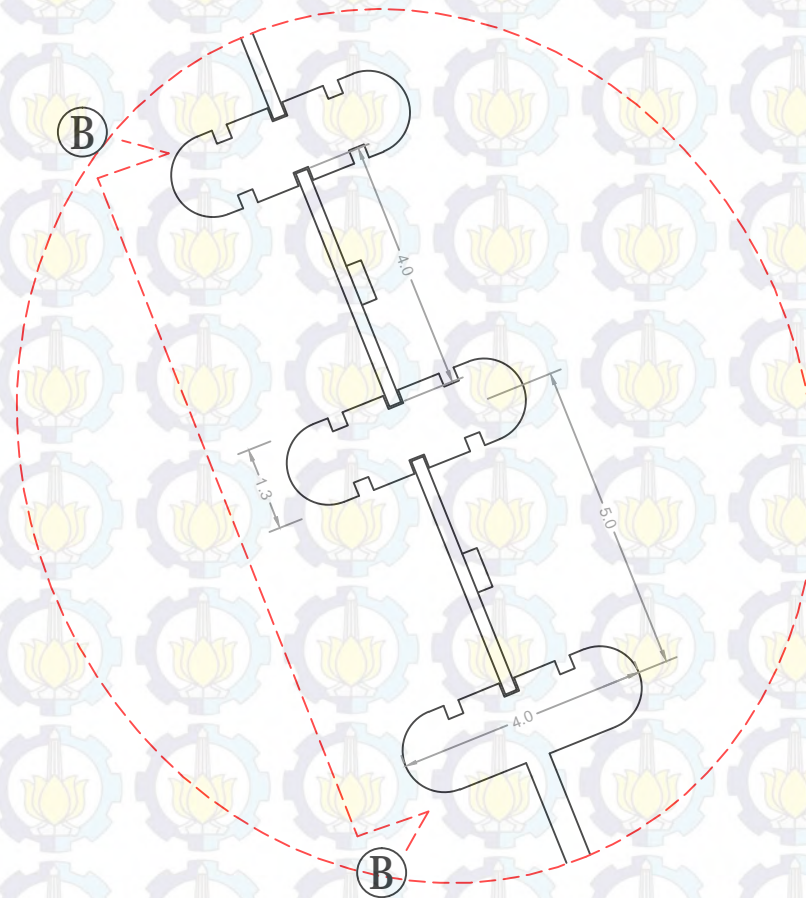
DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umboro Lasminto
S.T., M.Sc.

MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR
Layout
Pintu dan Pompa
(Detail A)

SKALA
1 : 75

HALAMAN



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

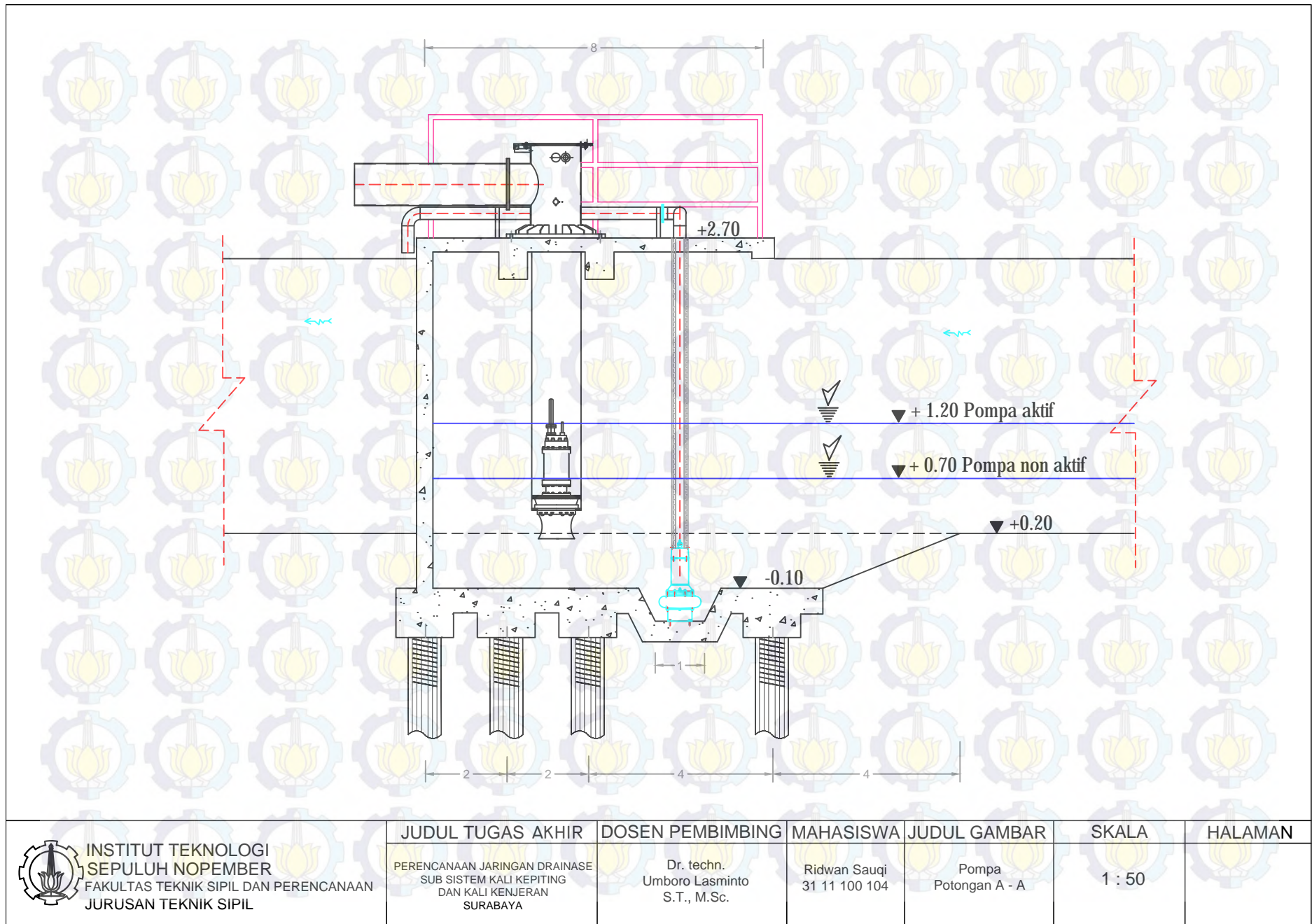
DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umboro Lasmino
S.T., M.Sc.

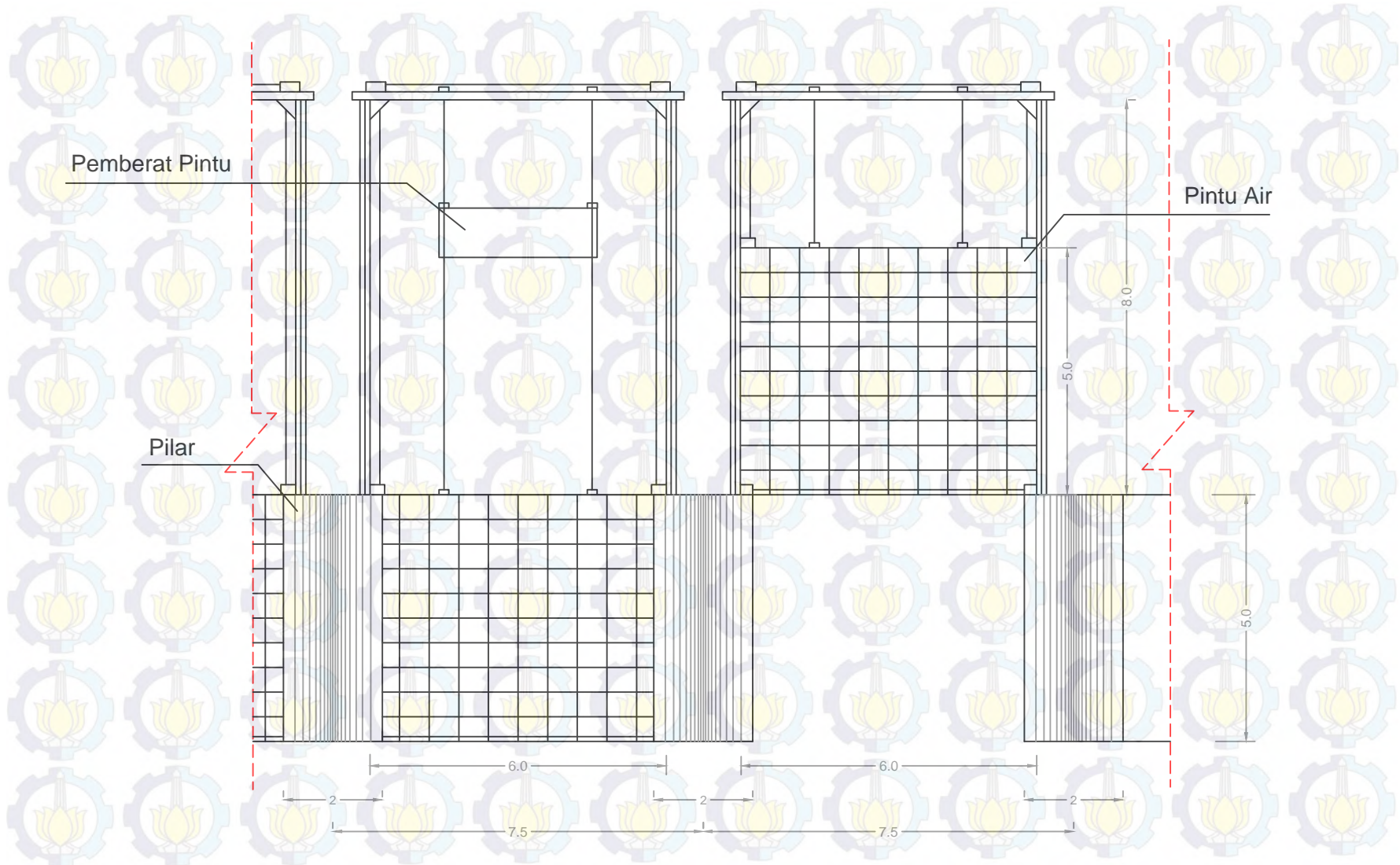
MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR
Layout
Pintu dan Pompa
(Detail B)

SKALA
1 : 75

HALAMAN





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE
SUB SISTEM KALI KEPITING
DAN KALI KENJERAN
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn.
Umbaro Lasminto
S.T., M.Sc.

MAHASISWA
Ridwan Sauqi
31 11 100 104

JUDUL GAMBAR
Pintu
Potongan B - B

SKALA
1 : 50

HALAMAN



Ridwan Sauqi.

dilahirkan di Jakarta pada tanggal 11 September 1993, merupakan anak ketiga dari 4 (empat) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Baitul Muhajirin (Jakarta), SDN 03 Duren Sawit (Jakarta), SMP Negeri 255 Jakarta, dan SMA Negeri 12 Jakarta. Setelah lulus dari SMA Negeri 12 Jakarta pada tahun 2011, penulis mengikuti program kemandirian ITS (salah satu

jalur masuk program S1 ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, terdaftar dengan NRP 31 11 100 104. Di Jurusan Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Penulis aktif di beberapa kegiatan kerohanian Islam mahasiswa. Penulis pernah menjabat sebagai Staff Departemen Kaderisasi di JMMI ITS pada tahun 2012-2014. Kemudian menjabat sebagai Sekretaris Jendral di Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Sipil Al Hadiid pada tahun 2014-2015.

e-mail : ridwan_sauqi@yahoo.co.id